

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ● السنة الحادية والعشرون ● العدد الثاني والثمانون ● ربيع الآخر ١٤٢٨ هـ /ابريل ٢٠٠٧ م

التقنية متناهية الصغر

(الجزء الأول)

- الحبيبات النانوية
- النظم الإلكترو ميكانيكية الدقيقة
- التطبيقات الطبية لتقنية النانو

ISSN 1017 3056

العلوم والتقنية



بسم الله الرحمن الرحيم

منهـــاج النشـــر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن ثماني صفحات ولايزيد عن أربع عشرة صفحة مطبوعة .

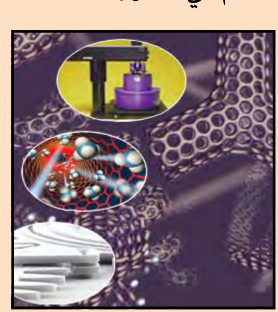
٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويـــات العـــدد







تطبيقات تقنية النانو

أنابيب الكربون النانوية

بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية

المراســــلات

رئيس التحرير

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ـ الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

هاتف: ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥ ـ ناسوخ(فاكس) ٤٨١٣٣١٣

البريد الإلكتروني : **jscitech@kacst.edu.sa**

Journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia



كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

تتلاحق التطورات التقنية بسرعة مذهلة؛ لا يستطيع الإنسان مهما أوتي من إدراك وسعة اطلاع الإلمام بها ومتابعتها، بل إن المختص في مجال ما، لا يستطيع متابعة ما يستجد في مجال تخصصه.

قراءنا الأعزاء

ظهرت في العقود الثلاثة الأخيرة تقنية التحكم في ذرات المواد وتصغير جزيئاتها وضغطها إلى أحجام متناهية الصغر، تقاس بوحدة النانومتر (١٠-٩ متر)، وقد أطلق على المواد التي يقل قياسها عن ١٠٠ نانومتر بالتقنية متناهية الصغر. وقد فتحت هذه التقنية آفاقاً واسعة أمام الإنسان، فاستخدمها في شتى مناحي الحياة، كالطب والهندسة، والصناعة، والإلكترونيات، وغيرها.

قراءنا الأعزاء

مع أن التقنية متناهية الصغر لازالت في بداياتها؛ إلا أن العلماء يتوقعون أنها ستقلب الموازين وتسيطر على التقنية، كما يتوقعون أن من يمسك بزمام هذه التقنية فإنه سيقود العالم ويسيطر عليه.

يسعدنا في هذا العدد أن نتطرق إلى هذا الموضوع الشيق من خلال المواضيع التالية: تطبيقات النانو، الحبيبات النانوية، أنابيب الكربون النانوية، النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة ، بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية، تطبيقات تقنية النانو في التشخيص الطبي، إضافة إلى الأبواب الثابتة التي درجنا على تضمينها في كل عدد.

والله من وراء القصد وهو الهادي إلى سواء السبيل،،،

العلوم والتقنية



سكرتارية التحرير

د. يوسف حسن يوسف
د. ناصر عبد الله الرشيد
أ. حمد بن محمد الحنطي
أ. خالد بن سعد المقبس
أ.عبدالرحمن بن ناصر الصلهبي
أ. وليد بن محمد العتيبي

التصميم والإخراج

محمد علي إسماعيل
سامي بن علي السقامي
فيصل بن سعد المقبس

*****

العلوم والتقنية





المبادرة الوطنية السعودية لتقنية النانو

د. عبدالرحمن بن علي المهنا
د. دحام اسماعيل العاني

تعد تقنية النانو من تقنيات المستقبل الواعدة نظراً لما ينشأ عنها من طاقات هائلة لتحقيق التنمية، وللتطبيق في العديد من القطاعات الصناعية، وحتى جوانب الحياة اليومية، ولهذا ركزت المملكة العربية السعودية اهتمامها واستثماراتها في البحث والتنمية، وغيرها من أوجه النشاط المساعدة لبلوغ صناعة متطورة لتقنية النانو. وتأتي المبادرة السعودية الوطنية لتقنية النانو إيماناً منها أن هناك مستقبلاً واعداً لهذه التقنية في المملكة، لما لها من فوائد عظيمة في تسريع عملية اكتشاف وتوسيع المعرفة وتعزيز الاقتصاد والارتقاء بمستوى الحياة.

ترسم المبادرة السعودية الوطنية لتقنية النانو ـ مقترحة من قبل **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** ـ رؤية تنال فيها جميع عناصر السلسلة المتكاملة ـ بدءاً بالاكتشاف وانتهاء بالتحول التجاري ـ قسطها الوافي من الاهتمام. تستند هذه الرؤية على أربعة محاور، تشمل جميع جوانب تقنية النانو في كل من المجالات التالية:

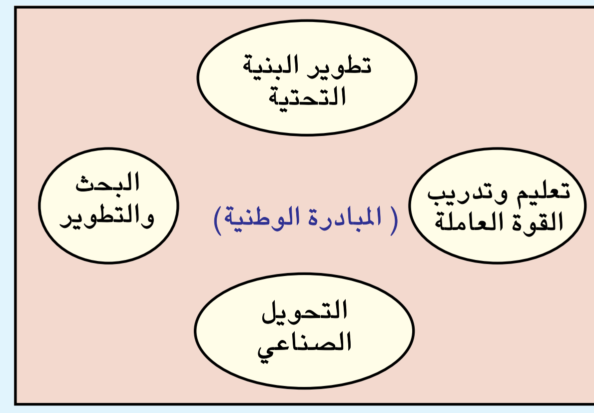
١ - تنمية البنى التحتية، والبحث والتطوير المستهدفة للعلوم الخاصة بمقياس النانو.

٢ - الهندسة.

٣ - التحول التجاري.

٤ - التعليم.

٥ - تدريب القوى العاملة.



● محاور المبادرة الوطنية السعودية لتقنية النانو

الرؤيــــــة

تتلخص رؤية المبادرة الوطنية لتقنية النانو في فهم المادة على مستوى مقياس النانو والتحكم فيها بحيث تؤدي إلى ثورة تقنية وصناعية.

يجب أن تؤدي المبادرة إلى تسريع عملية اكتشاف وتطوير وانتشار تقنية النانو؛ لتحقيق أهداف اقتصادية مسؤولة ومستدامة، وتحسين مستوى الحياة وتحقيق الأمن الوطني. إضافة إلى تحقيق مهام الأجهزة المشاركة الرامية إلى الارتقاء بالمملكة لتبلغ دوراً ريادياً في علوم النانو والهندسة والتقنية، كما ستساهم المبادرة في تعزيز قدرة المملكة على التنافس الاقتصادي.

الأهــــــداف

تم تحديد خمسة أهداف للمبادرة؛ ولذا فإن تحقيق التقدم في كل منها يعد أمراً حيوياً في سبيل تجسيد الرؤية المنشودة، وذلك وفقاً لما يلي:-

١- توفير أحدث المعدات والبنى التحتية المساعدة اللازمة لتعزيز وتفعيل صناعة تقنية النانو في المملكة، مع توفير كافة التسهيلات لضمان ذلك.

٢- إدارة وتفعيل برنامج على مستوى عالمي للبحث والتطوير لبلوغ الطاقات الكاملة الكامنة في تقنية النانو.

٣- تطوير برنامج تعليمي وموارد تعليمية، بالإضافة إلى برنامج تدريبي مكثف لتأهيل قوة عاملة ماهرة ومتخصصة في هذه التقنية.

٤- العمل على تحويل التقنيات الجديدة إلى منتجات؛ لتحقيق النمو في الاقتصاد واستثمار القوى العاملة والمصالح العامة الأخرى.

٥- دعم المبادرات التطويرية المسؤولة لتقنية النانو.

ولتحقيق الأهداف المذكورة أعلاه أصبح من الضروري وجود كيان يقوم بتنظيم وتنسيق ورصد ومراقبة أوجه نشاط جميع المؤسسات المعنية في هذه المبادرة، ومن هذا المنطلق، قررت المدينة القيام بدور ريادي تمثل بإنشاء المركز الوطني لتقنية النانو لتولي هذه المهمة والمسؤولية.

المركز الوطني لتقنية النانو

تم تأسيس المركز الوطني لتقنية النانو في المدينة في شهر ديسمبر ٢٠٠٥م. ويسعى لأن يصبح مؤسسة وطنية للامتياز والتفوق في تقنيات النانو والمجالات الأخرى ذات الصلة. ويمكن تلخيص أهدافه فيما يلي:

١- تأسيس منشأة وطنية حديثة لصناعة منتجات بمقياس النانو والميكرو.

٢– تنفيذ الأبحاث في مختلف مجالات تقنيات النانو، وذلك بالتنسيق مع المعاهد الأخرى **للمدينة** والتقنية لاستثمار الإمكانيات القصوى لهذه التقنية.

٣– تنسيق وتنظيم أوجه النشاط البحثي بين مختلف الأجهزة الحكومية.

٤– دعم مشاريع البحث والتطوير الجارية في المدينة وفي الأجهزة الحكومية الأخرى.

٥– تدريب العلماء والمهندسين في مجال صناعة النانو وتطبيقاتها.

٦– توفير الخدمات للشركات المحلية.

٧– نقل تقنيات النانو وتوطينها.

٨– العمل على تحويل التقنيات الجديدة إلى منتجات تجارية.

● مهام المركز

تتمثل مهام المركز الوطني للتقنية متناهية الصغر فيما يلي:-

* **إدارة الهيكل والمسؤوليات:** ويمكن مشاركة الأجهزة المختلفة للمبادرة ضمن إطار وإدارة المركز الوطني لتقنية النانو في المدينة . ويوضح شكل (١) الهيكل التنظيمي لمختلف الأجهزة الحكومية وغير الحكومية التي تلعب دوراً في المبادرة، إضافة إلى علاقات بعضها ببعض.

* **نظام العمل وقياس الأداء:** ويتمثل في تقسيم معظم أوجه النشاط البحثي بين الجامعات التي تركز اهتمامها على البحث الرئيس، وعلى معاهد المدينة التي تركز على البحوث التطبيقية، وذلك باستخدام عدد من البحوث المنشورة كمقياس للتقدم الذي يتم إحرازه في هذا المجال. كما ستتولى المدينة الجزء الأكبر من مهمة تطوير ونقل التقنية، من خلال معاهدها وحاضنات التقنية المخطط لها. ويتوقع أن تُترجم نتائج الخطوتين السابقتين إلى منتجات وصناعات جديدة بمشاركة الصناعات المحلية والتعاون معها، شكل (٢).

● شكل (١) الهيكل التنظيمي لتقنية النانو بالمملكة

● شكل (٢) نظام العمل وقياس الأداء للمبادرة الوطنية لتقنية النانو

* **تطوير البنية التحتية:** وتعد من أبرز مهام المبادرة؛ وذلك لتلبية احتياجات مجتمع البحث العلمي لتقنية النانو من التجهيزات التي قد تتعدى كلفتها إمكانيات العديد من الشركات والمؤسسات البحثية، ويمكن للتمويل الحكومي أن يجعل أحدث هذه الإمكانيات متوفرة للباحثين استناداً لنتائج ومراجعة مدى الاستحقاق.

يقتضي القيام بأبحاث متطورة في مجال تقنيات النانو توفر مختبرات بالغة التطور يمكنها التعامل مع بنية الجزيئات على مقياس النانو، ومن هذا المنطلق، قامت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** باستثمار ٣٠ مليون ريال سعودي خلال العام المالي ١٤٢٧–١٤٢٨هـ في هذا المجال، كما تنوي استثمار ١٢٠ مليون ريال على مدى السنوات الخمس المقبلة، لإنشاء أحدث المنشآت المجهزة لتقنية النانو؛ لتقديم الخدمات لمعاهد المدينة والجامعات الوطنية، إضافة للشركات التجارية والصناعية المحلية، وهذا من شأنه تشجيع المستثمرين على الإستثمار في هذه التقنية، نتيجة لاختصار الحواجز القائمة أمام التحويل التجاري؛ من خلال خفض قيمة رأس المال الأولي لإنشاء مثل هذه المنشآت، ويوضح الجدول (١) أهم الأجهزة الرئيسية التي سيتم توفيرها للمركز الوطني للتقنية المتناهية الصغر على أن يتم

المختبر	المكونات
ـ مختبر الطباعة الدقيقة	جهاز الطباعة الدقيقة بالشعاع الإلكتروني جهاز صف القناع والعرض
ـ مختبر نمو شرائح البلورية	جهاز *mocvd* جهاز *mbe*
ـ مختبر العمليات الكيميائية الرطبة	جهاز التصفيح الكهربائي جهاز التصفيح غير الكهربائي منصات النضد الرطب
ـ مختبر المعالجة الجافة	جهاز الترسيب بشعاع الإلكترون جهاز الطلاء بالمعادن جهاز الترسيب الكيميائي البخاري البلازمي المعزز جهاز النحت بالتفاعل الأيوني جهاز الترسيب الكيميائي البخاري المنخض الضغط المعالج الحراري السريع
ـ مختبر التحليل والتصوير	مجهر مسح إلكتروني مجهر السبر مجهر الإلكتروني النافذ مقياس إنكسار الأشعة السينيه محلل السطح، مخطط التلألؤ الضوئي جهاز القياس الإهليليجي
ـ مختبر العمليات الخلفية النهائية	جهاز التدوير والتلميع جهاز النحت والكسر جهاز تثبيت الأسلاك جهاز تثبيت قواعد الأسلاك

● جدول (١) بعض الأجهزة المقترحة لتنفيذ برنامج تقنية النانو بالمملكة

استكمالها مستقبلاً بحسب ما تقتضيه الحاجة.

البحث والتطوير

يجب أن تقوم المبادرة بتمويل مجموعة كبيرة من مشاريع البحوث والتطوير وجهود التنمية ضمن المجالات العلمية والهندسية لتعزيز الاكتشاف والابتكار في تقنية النانو. كما يجب أن يشمل جميع أوجه نشاط البحث والتطوير في المراكز الوطنية والجامعات ومعاهد البحوث الأخرى، إضافة إلى كيانات أخرى من القطاع الخاص. ويمكن تصنيف أوجه نشاط البحث والتطوير إلى المجموعات التالية:

● الباحثون الفرديون

يتيح تمويل المبادرة للباحثين الفرديين دعم نطاق واسع من الأفكار، و المقترحات التي تنطوي على "مجازفة عالية"، والتي من شأن نجاحها أن تؤدي إلى تقدم كبير.

● فرق البحث

يعد تمويل فرق بحث متعددة التخصصات والتي لها نطاق واسع من الخبرات لدراسة موضوع بحثي محدد أو مسألة تقنية محددة علامة مميزة للمبادرة.

● مراكز البحث العلمي

تقوم المبادرة باستثمار الموارد المهمة لإنشاء المراكز الكبيرة والتعليمية والبحثية المتعددة التخصصات. وتتمتع هذه المراكز بنطاق أوسع مقارنة بفرق البحث، كما أنها تستقطب مجموعة كبيرة من الباحثين من ذوي الخبرات.

تشجع المبادرة - أيضاً - البحث والتطوير الذي يتم بالمشاركة مع الصناعة ومع فرق بحثية دولية. كما تحث المبادرة على التواصل بين الأطراف المعنية، من فرق بحث تقنية النانو بوسائل مختلفة، بما في ذلك تحديد اتجاهات بحثية مشتركة، وأوجه نشاط تعاوني، وورش العمل.

وحتى تتحقق الغاية من خطة المبادرة، يجب تبني الاستراتيجيات التالية:

١- تمويل البحوث الاستطلاعية التي تؤدي إلى اكتشاف وتطوير الأفكار المبتكرة، والتي تتضمن دراسة ظاهرة وخصائص وبنيات وهندسات على مستوى مقياس النانو، إضافة إلى تطوير الأدوات التجريبية، وأدوات المحاكاة العالية الدقة في الزمان والمكان.

٢- الاستثمار في بحوث المجالات التمكينية، وفي البحوث التعاونية عند نقاط التقاء المجالات المتعددة التي تشملها تقنية النانو، من خلال سبل التمويل الثلاثة المذكورة أعلاه (الباحثين الأفراد، وفرق البحث، ومراكز البحث).

٣- جعل الأولوية لتمويل بحوث تطوير تقنية النانو، والسعي للحد من رفض مقترحات تقنية النانو، على الأقل في المراحل الأولى، حتى تصبح أقرب من برامج البحث والتطوير الأخرى.

٤- وضع أولوية وأهداف بحث وتطوير مركزة، حيث يجب أن تقوم المدينة بنشر قائمة بالأولويات البحثية، على أن تكون هذه القائمة ذات فعالية وقابلية مستمرة للتغيير، وذلك استناداً إلى الاحتياجات الاستراتيجية والاقتصادية للدولة.

ومن أمثلة الأولويات البحثية لهذين النوعين من الاحتياجات ما يلي:-

* بحث ذي قيمة استراتيجية، وتشمل الطاقة والموارد ومعالجة وترشيح المياه.

* بحث ذو قيمة اقتصادية، ويشمل أي بحث ينتج عنه منتج تجاري يستخدم تقنية النانو.

* تطوير المشاريع التعاونية بين الأجهزة الحكومية والشركات، والشراكات مع قطاع الصناعة لتحقيق أهداف التحويل التجاري والمنافع الاقتصادية.

التعليم و تدريب القوى العاملة

تمثل القوى العاملة والمتعلمة والماهرة، إلى جانب البنى التحتية الداعمة من أدوات وأجهزة ومعدات ومنشآت الركائز الأساسية لهذه المبادرة؛ لأنها قد تساعد فيما يلي:-

- تكوين الجيل القادم من الباحثين والمبتكرين، وتهيئة وتحفيز القوى العاملة للمستقبل، مزودة بالخلفية العلمية والمهارات التقنية القوية التي ستحتاج إليها لتحقيق النجاح. وتوعية الرأي العام وتهيئته لكي يكون قادراً على اتخاذ القرارات المدروسة في مجتمع تطغى عليه الصبغة التقنية بشكل متزايد.

- تأسيس برنامج تعليمي يركز على تقنية وعلوم النانو لطلاب المدارس والجامعات وطلاب التعليم المهني والجمهور العام.

- التركيز على أنواع الأنشطة التي تعزز التعليم في عدة مجالات، وتدريب المعلمين وتطوير المواد المنهجية والتعليمية، واستكشاف جميع الآليات لتسهيل التدريب على البحث والتطوير في تقنية النانو.

ولدعم احتياجات الصناعة لتقنية النانو يجب أن تشمل هذه الجهود ما يلي:-

● تطوير النظام والمنهاج التعليمي

يتمثل تطوير النظام والمنهاج التعليمي في إدخال هندسة وعلوم مقياس النانو على مناهج التعليم العالي، وتشجيع الجامعات الرئيسة على تطوير المواد الدراسية ذات الصلة بتقنية النانو، وبخاصة في أقسام: الهندسة الكهربائية، والهندسة الميكانيكية، والهندسة الكيميائية، والكيمياء، والفيزياء، والطب الأحيائي.

كما ينبغي أن تتبنى الجامعات برنامج منح شهادة في تقنية النانو، إلى جانب الشهادات التخصصية العادية. ويجب أن يكون هذا البرنامج مصدّقاً ومعترفاً به

لأغراض التوظيف.

● **تأهيل وتدريب القوى العاملة**

يعد توفر المهندسين والتقنيين الماهرين عاملاً أساسياً لبرنامج تطوير بحثي أو اقتصادي ناجح. لأن انعدام أو محدودية فرص عمل المختصين في تقنية النانو، مقارنة مع التقنيات الأخرى تنفر المهندسين والتقنيين الشبان من التخصص في هذا المجال. لذا ينبغي اتخاذ خطوات مهمة لجذب المزيد من المهندسين والتقنيين لمجال النانو، وتحضيرهم لتحمل مسؤولية سوق العمل. ولتحقيق ذلك ينبغي العمل على:-

- تقديم الحوافز المالية - على الأقل للسنوات العشر القادمة - لجميع المتخصصين والعاملين التقنيين في مجال تقنية النانو.

- تعزيز الشراكات بين قطاع الصناعة والتعليم والهيئات التدريبية، والقوى الممولة حكومياً لتأمين التقاء شركات تقنية النانو بالقوى العاملة الماهرة التي تحتاج إليها.

- إفساح المجال أمام الطلاب الجامعيين وطلاب الدراسات العليا والباحثين في مرحلة ما بعد الدكتوراه للتدريب في الجامعات، والمختبرات الحكومية والمؤسسات البحثية الأخرى من خلال برنامج البحث.

- دعم تطوير البرامج التعليمية التي تهدف إلى تدريب التقنيين لتلبية الطلب المتنامي من الصناعة؛ نتيجة لدخول تطبيقات تقنية النانو إلى المزيد من المنتجات والخدمات.

● **البنية التحتية للدعم التعليمي والتدريبي**

يجب إعداد البنية التحتية لدعم التعليم والتدريب من خلال التالي:-

* إنشاء مرفق مركزي - وقد تم إنشاؤه في المدينة - تحت اسم المركز الوطني لبحوث التقنية متناهية الصغر لتقنية النانو ويجب أن يضم هذا المرفق أحدث المعدات والأجهزة، كما ينبغي أن يضم عدداً من الخبراء في مختلف مجالات تقنية النانو.

* إنشاء مراكز تميز تكون موزعة جغرافياً بين الجامعات الرئيسية، وتكون متخصصة في مختلف مجالات تقنية النانو.

التحويل الصناعي

يتمثل الهدف النهائي من المبادرة في نقل وتوطين تقنية النانو إلى إنشاء صناعات نانوية تؤدي إلى دعم النمو الاقتصادي للبلاد. حيث إن تحويل نتائج البحوث الممولة من المبادرة إلى منتجات صناعية هو أمر بالغ الأهمية.

يمكن تحقيق نقل التقنية بعدة طرق، منها: عقد نقل التقنية المباشر، وترخيص الملكية الفكرية الناتجة عن الأبحاث التي تمولها الحكومة، إضافة إلى التواصل بين الأطراف التي تقوم بالبحث والتطوير من جهة، وبين الأطراف التي تقوم بتصنيع وبيع المنتجات والخدمات من جهة أخرى، وهذا يعد من الجوانب الأساسية لجميع أوجه نقل التقنية.

يجب تعزيز تطوير الصناعات النانوية المحلية الابتكارية، حتى تؤثر على النمو الاقتصادي وتنفع المستثمرين. ومن الضروري أن يدرك المستثمرون أن البحث والتطوير في هذا المجال يتطلب التزاماً طويل المدى، وذلك لمحدودية الأدوات التجريبية والعرضية، وللحاجة لتنفيذ البنية التحتية. كما يجب أن يعي المستثمرون الوطنيون حقيقة أن التقنية تعد عاملاً محركاً رئيسياً لنمو الاقتصاد وازدهاره.

الجدير بالذكر أن القطاع الصناعي يتردد كثيراً في الاستثمار في البحث، حيث يرى فيه مجازفة، إضافة إلى أنه يستغرق العديد من السنوات قبل أن يتطور ليصبح منتجاً. لذا فإن مسؤولية التأسيس لصناعة قائمة على تقنية النانو تقع على عاتق الأجهزة الحكومية، متمثلة في المدينة وفي الجامعات.

● **خطوات نقل نتائج الأبحاث**

للتعجيل بنقل نتائج الأبحاث إلى منتجات حقيقية لابد من اتباع الخطوات التالية:

- يجب أن يكون **لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** والصناعات المحلية برنامج لاستقطاب المهندسين الشبان الموهوبين (٣ إلى ٤ مهندسين سنوياً) والمميزين بطبعهم الريادي، والحاقهم ببرنامج قوي ومركز يكون من شأنه تعزيز مهاراتهم التقنية مع التركيز على الجانب التجاري لهذه التقنية.

- تحديد مجالات اهتمام الأجهزة المختلفة بتقنية النانو. أي أنه ينبغي أن تعرض الأجهزة الحكومية - مثل وزارة الدفاع والداخلية والمياه والكهرباء والصحة وغيرها - أهدافها واحتياجاتها من منطلق كيفية تعزيز تقنية النانو لمهامهم وتلبية احتياجاتهم.

- إنشاء مجموعات اتصال بعدد من القطاعات التجارية المختلفة، وذلك لتشجيع تبادل المعلومات الخاصة ببرامج بحث تقنية النانو، والاحتياجات الصناعية المرتبطة بها.

- تشجيع اللقاءات العلمية بين الباحثين في المجال الأكاديمي والحكومي والصناعي لتبادل المعلومات حول النتائج والتطبيقات الممكنة.

- تشجيع التواصل بين الباحثين في الصناعة والمجال الأكاديمي والحكومي من خلال إنشاء أو دعم المنشآت المتوفرة للباحثين من كل القطاعات.

- اشتراط أن يكون لكل مؤسسة بحث وتطوير شركاء صناعيين، إذ إن من شأن هذه المؤسسات السماح للصناعة بالتعبير عن احتياجاتها عند مرحلة مبكرة، وتعزيز إمكانية تطوير هذه الأفكار وتحويلها إلى منتجات تجارية.

- استخدام برامج الحاضنات التقنية؛ لدعم المراحل الأولى من الحلول المعتمدة على أساس تقنية النانو.

– تمويل فرق البحث من مختلف التخصصات التي تضم الباحثين من الجامعات والقطاع الصناعي.

– تأسيس صلة مباشرة مع الصناعات الراهنة، من خلال برنامج بحث تعاوني أو شركة مشتركة.

– تشجيع تبادل الباحثين بين الجامعات والقطاع الصناعي؛ للسماح لموظفي الجامعات بقضاء بعض الوقت في المختبرات الصناعية (والعكس).

– تعزيز الاستفادة بشكل أكبر من برامج الحاضنات التقنية؛ لتسهيل التحويل التجاري لمخرجات تقنية النانو .

إضافة لذلك لابد من الأخذ بالاعتبار ـ وبصورة دائمة ـ التالي:

– التفاعل مع المبادرات المحلية والإقليمية لتسهيل التبادل التجاري وتبادل المعلومات، وذلك من خلال آليات، مثل: ورش العمل والوسائل الإلكترونية.

– النظر في الآليات الجديدة لتشجيع نقل التقنية عن طريق ترخيص الملكية الفكرية الناتجة عن البحث الممول من قبل المبادرة. وتتضمن مثل هذه الآليات تكوين اتحادات.

– دعم جهود تسجيل براءات الاختراع والعلامات التجارية الوطنية لتأمين الحماية المناسبة للمستثمرين، وتشجيع تطوير التقنية الجديدة والتحويل التجاري لمخرجات تقنية النانو، بما في ذلك جهود وضع هرم تصنيفي لتقنية النانو يعرف ببراءات الاختراع، الموجهة نحو الاكتشافات النانوية.

– المساهمة في أنواع من التعاون الدولي وورش العمل والمؤتمرات، وغيرها من أوجه النشاط؛ بهدف الاستفادة من التقدم المحرز دولياً للنفع الاقتصادي والعام المشترك.

– تقديم جوائز امتياز سنوية لأولئك المستثمرين الذي يتميزون بدعم وتطوير منتجات النانو.

– إدراج تطوير تقنية النانو في الخطط الوطنية الخمسية.

أخيراً لابد من التأكيد على أن التطوير المسؤول لتقنية النانو يعني أن الحكومة لا تكتفي فقط بدعم جهود المبادرة المذكورة، وإنما تقوم في الوقت ذاته بمعالجة مختلف الأبعاد الاجتماعية لهذه التقنيات الجديدة، والتي تشمل مختلف المواضيع، من بينها الحصول على الفوائد الناجمة عن تقنيات النانو، والآثار المترتبة على القوى العاملة، والتغييرات التي قد تطرأ على أسلوب ممارسة الطب، وأثر الصناعة المحلية بحسب الحاجة، والتحفظات بشأن الآثار البيئية أو الصحية المحتملة، وقضايا الخصوصية الناتجة عن مسألة توزيع المجسات النانوية (Nano Sensors).

كما أن التطوير المسؤول يعني أن تنشئ الحكومة قنوات اتصال توفر المعلومات للرأي العام، وتحصل على مساهمته فيما يتعلق بالبرنامج الوطني لتقنية النانو. ومن شأن مثل هذا التواصل أن يتيح للحكومة وللرأي العام اتخاذ القرار بشكل مطلع، وبناء الثقة بين جميع المعنيين بالأمر.

إن النظرة والقبول بالتقنية الجديدة شرط لتحقيق المنافع الاقتصادية وغيرها. كما أن التطوير المسؤول يتضمن العمل مع المجتمعات العلمية الدولية في قضايا بحث تقنية النانو، وفي الأبعاد الاجتماعية التي تمثل اهتماماً مشتركاً.

التطوير المسؤول لتقنية النانو

تم تعريف التطوير المسؤول لتقنية النانو ليشمل الجانبين التاليين:

● الآثار البيئية والصحية والسلامة

ستوفر المبادرة أفقاً واسعاً من البحث؛ لتقويم الآثار البيئية والصحية والسلامة لتقنية النانو. وسيتوقف مدى دعم المبادرة لهذا البحث على اكتشاف بنيات ومواد نانوية، وعلى تطوير منتجات النانو الجديدة. وتوصي المبادرة بما يلي:

– دراسات الأخطار الصحية المحتملة للمواد النانوية.

– دعم البحث في آثار تقنية النانو على البيئة والصحة.

– المساعدة في تأسيس إجراءات فعالة للعمل الآمن على مواد مقياس النانو، والإعلام بهذه الإجراءات.

– تسهيل التواصل بين مختلف الأجهزة، وتعيين الأبحاث الضرورية لدعم صنع القرارات التنظيمية، وترتيبها بحسب الأولوية، وتعزيز تواصل أفضل بين القطاع الخاص والصناعة والباحثين في الجامعات والمؤسسات الأخرى.

– دخول في حوار دولي حول القضايا البيئية والصحية وغيرها من القضايا الاجتماعية.

● القضايا الأخلاقية والقانونية

ستقوم المبادرة بتأييد أوجه النشاط الرامية إلى تقويم الآثار الاجتماعية لتقنية النانو كما يلي:–

– دعم الجهود لإنشاء مجموعة متنوعة من الفرص؛ لإيجاد حوار واسع وشامل ويضم مجالات عدة حول تقنية النانو، وذلك من خلال تبني وتشجيع منتديات الحوار مع الرأي العام والأطراف المعنية الأخرى.

– تقويم وتحليل المواقف والمفاهيم العامة من تقنية النانو. ويتضمن ذلك البحث في السبل الفعالة لتعزيز التوعية بخصوص تقنية النانو، والحصول على مساهمة وردود الرأي العام.

– إيجاد وتوزيع المواد المعلوماتية الجديدة حول تقنية وعلوم النانو في سبيل حوار أفضل مع الرأي العام.

– دعم البحث في الأبعاد الاجتماعية لتطوير تقنية النانو، وتتضمن بعض مجالات البحث المهمة للآثار الاقتصادية والأخلاقية والقانونية والحضارية، إضافة إلى الآثار الخاصة بالعلوم والتعليم، وبنوعية الحياة وبالأمن القومي.

تطبيقات التقنية متناهية الصغر



د. عبدالرحمن بن علي المهنا
د. دحام إسماعيل العاني
م. حسين السلمان

يعود الفضل - بعد الله - للتطورات التقنية الحديثة إلى ثورة الدوائر المتكاملة، حين بدأ المهندسون والعلماء تناول موضوع تقنية النانو على أنه الثورة التقنية القادمة التي ستطال آثارها الصناعة والمجتمع بأسره، حتى أضحت تحتل المراتب الثلاث الاولى في بحوث الفيزياء، وفي الواقع: يوجد عدد من المنتجات التجارية في أسواق اليوم تستخدم ابتكارات واختراعات جديدة في مجال تقنية النانو.

يستفاد من المواد النانوية في الكثير من الصناعات حيث تدخل في مجالات لا حصر لها تتمثل في تحسين أداء المنتوجات وخفض تكلفتها،بالإضافة إلى مجالات أخرى محددة ومتنوعة .

يستعرض هذا المقال بعض المجالات التي تم فيها تطبيق تقنية النانو والاستفادة منها وإفادتها.

الصناعات البتروكيميائية

فرضت على الصناعات البتروكيميائية - كغيرها من الصناعات - شروط صارمة لبلوغ معايير إنتاجية أفضل وأحدث، وذلك بسبب القوانين البيئية الجديدة والصارمة، واحتدام التنافس لاكتساب حصة جديدة من الأسواق ذات الصلة بها، دفع إلى استخدام تقنيات متقدمة لمواجهة هذه التحديات والقوانين المستحدثة،ومن هذا المنطلق لعبت تقنية النانو دوراً بالغ الأهمية لتحقيق هذه الغاية.

تُعد المملكة العربية السعودية من الدول الرائدة في مجال الصناعات البتروكيميائية، لذا فإن استثمارها للتقنيات الجديدة، مثل تقنية النانو مسألة حيوية لتتمكن من الحفاظ على موقعها الريادي بين كبار منافسيها.

يعد تصميم وصناعة المحفزات من أبرز أوجه استخدام تقنية النانو في صناعة البتروكيميائيات؛ لأنها من الأساليب المعتمدة والراسخة منذ زمن بعيد في الصناعة لتعزيز التفاعلات الكيميائية. وبناء عليه فإن التوجه العام اليوم ينبغي أن يقودنا لدمج تقنية العنصر المحفز - سبق تجريبها وثبتت فوائدها - مع التقنية الحديثة المتمثلة في: تقنية النانو، بحيث تكون المحصلة النهائية محفزات نانوية تعمل بفعالية مضاعفة، وتحد من التلوث وبكلفة منخفضة إلى حد بعيد. ورغم صعوبة تقديم تعريف دقيق للمحفز النانوي نظراً لاختلاف المفهوم باختلاف آراء الأفراد، فإن أفضل وأبسط تعريف للمحفز النانوي قد يكون هو: المحفز الذي تضّمن في أي مرحلة من مراحل تصميمه تطبيقاً لوسائل تقنية النانو. هذا يعدي أحد أسباب تقدم البحوث العلمية وإحرازها نتائج باهرة في مجال المحفزات النانوية إلى ماحققته تلك المحفزات من نجاح في قطاع الصناعة البتروكيميائية.



ومن الأمثلة على بعض تطبيقات تقنية النانو في هذا القطاع استخدام بعض الشركات محاكاة كيمياء الكم وعمليات التكوين لاستبدال بعض الفلزات العالية الكلفة من مجموعة البلاتينوم، في سبيل خفض التكلفة من ٣٠٪ إلى ٧٠٪.مما يقود إلى تحقيق أقصى فعالية ممكنة للعنصر المحفز، ويحسن أداءه، ويقلل من التكلفة ومن مدة دورة التصميم.

تستخدم شركات أخرى مواد نانوية من أكاسيد فلزات الأرض النادرة، وذلك لتحسين الأداء وتقليص استخدام الفلزات النفيسة، الأمر الذي يساهم بدوره في خفض التكلفة، كما تحاول بعض الشركات استخدام أنابيب النانو لدعم العناصر المحفزة عوضاً عن الكربون المنشط لإحداث تفاعلات بشكل انتقائي وأسرع.

ويعد مجال المحفزات النانوية مجال بالغ الإثارة والنشاط بشكل عام؛ لكون العناصر المحفزة بطبيعتها تعمل أصلاً على مقياس النانو. لذا فإن أي تقدم في هذه التقنية من شأنه أن يكون له تطبيق مباشر في المحفزات النانوية بشكل أو بآخر،مما يجعل سوق المحفزات النانوية سوقاً مزدهراً في الوقت الراهن ولمدة طويلة.

توجد بعض التقنيات التي يمكن استخدامها في الصناعة البتروكيميائية

بعيداً عن المحفزات النانوية مثل: تقنية الأنظمة الميكانيكية الميكروإلكترونية (Micro Electronic Mechanical Systems – MEMS) التي تعتمد على جهاز –مجس يدوي– استشعار الرائحة. والذي بإمكانه التعرف على مواد ومركبات بأسلوب أشبه ما يكون بالأنف البشري. ومما لاشك فيه أن تصب تقنية الأنظمة الميكانيكية الميكروإلكترونية (MEMS) في تقنية النانو يوماً ما، لتتطور وتتشكل تقنية الأنظمة الميكانيكية الإلكترونية النانوية (Nano Electronic Mechanical System).

الصناعات الطبية الأحيائية

يتوقع أن تشهد الصناعات الطبية الأحيائية ثورة كلية بتقنية النانو. ففي السابق، كان العمل في البنى الحيوية أمراً شاقاً جداً؛ نظراً لصغر أحجامها. لكن اليوم، الأفضل (بسبب) تقنية النانو، أصبح من الممكن الوصول بالطب الأحيائي إلى حدود غير مسبوقة، لدرجة تحقيق زيادة طول الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) إلى مليمتر إضافي. ويعتبر هذا الإنجاز هائلاً لاسيما وأن الأحماض النووية لا تزيد سماكتها عن النانومتر الواحد وأطوالها قصيرة جداً.

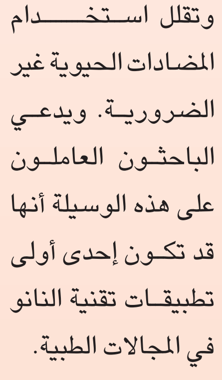
ويعد استخدام أنابيب الكربون النانوية أحادية الجدار في صناعة مجسات الحمض النووي إحدى التطبيقات الأخرى في استخدام تقنية النانو في الطب الأحيائي. كما يمكن استعمال هذه المجسات ضمن مفهوم «مختبر على رقاقة»(water)، حيث يمكن تجميع عدد من الأجهزة الحيوية المختلفة في رقاقة واحدة صغيرة، والبحث في هذا المجال يتقدم باستمرار.

وقد بات من الواضحإمكانية تناول الطب الأحيائي بأسلوب جديد تماماً باستخدام تقنية النانو، حيث يحاول الباحثون إيجاد تطبيقات جديدة مثل تحرير المورث، وتهجين الحمض النووي، وإصلاح المورثات.

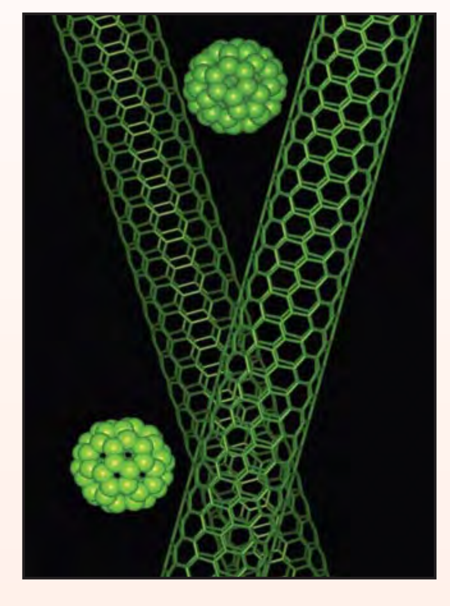
أثبتت بعض التقنيات فعالية في التطبيق بشكل غير متوقع، مما مكن الباحثين من استخدام نقاط الكم– وهي في الأساس بلورات شبه موصلة– في تطبيق الكشف عن فيروس المُخلاة التنفسي (Respiratory Syncytial Virus - RSV). وهو فيروس واسع الانتشار يصيب المسنين والأطفال تحت سن الخمس سنوات متسبباً في وفاة قرابة مليون فرد سنوياً. وتستغرق وسيلة الكشف الراهنة عن هذا الفيروس يومين إلى ثلاثة أيام. أما باستخدام نقاط الكم التي ترتبط بالبنية الجزيئية الخاصة بالفيروس، فقد أصبح من السهل الكشف عن الفيروس في وقت وجيز. وتعد فوائد هذه الوسيلة هائلة، لأنها ـ في الواقع ـ وسيلة أكثر دقة من الأساليب المعروفة السابقة، وهي تعطي الأطباء فرصة استخدام الأدوية المضادة للفيروسات في فترات مبكرة، وتقلل استخدام المضادات الحيوية غير الضرورية. ويدعي الباحثون العاملون على هذه الوسيلة أنها قد تكون إحدى أولى تطبيقات تقنية النانو في المجالات الطبية.



● استخدام تقنية النانو في الطب الأحيائي.



ومن المذهل أيضاً ما توصل إليه الباحثون عندما استخدموا أنابيب الكربون النانوية لتطويق العامل المغاير الشديد السمية لفلز الغادولينيوم المستخدم في التصوير بالرنين المغناطيسي، وذلك بهدف خفض سميته. فإذا بهم يكتشفون تحسن أداء التصوير بالرنين المغناطيسي على الأقل لأربعين ضعف. وقد علق البروفسور لون ويلسون على ذلك قائلاً: « في الواقع فاقت كل توقعاتنا، لدرجة أنه لا توجد أي نظرية اليوم لتفسير كيفية عملها» . وهذا مثال جيد يبين ما يمكن أن تحمله تقنية النانو من مفاجآت، كما يحمل إشارة ذات دلالة مهمة على ما يخفيه مستقبل هذه التقنية.



● أنابيب الكربون النانوية.

كما استخدمت أنابيب الكربون النانوية بطريقة أخرى للقضاء على الخلايا السرطانية،حيث وجد الباحثون طريقة لتكوين أنابيب الكربون النانوية أحادية الجدار التي لا تخترق سوى الخلايا المصابة بالسرطان. وتتميزهذه الأنابيب بخاصية فريدة وهي امتصاصها لموجات يتراوح طولها بين ٧٠٠-١١٠٠ نانو مير، وهي أطوال لا تؤثر على الكائنات الحية لشفافيتها، كذلك تمكن الباحثون من استعمال أشعة الليزر لتسخين الخلايا

السرطانية والقضاء عليها بشكل فعال دون المساس بالخلايا السليمة، وذلك بفضل قدرة الأنابيب النانوية على الامتصاص.

يمكن استعمال تقنية النانو لتعديل الوسائل المعتمدة في الطب الأحيائي لتحقيق أهداف محددة. وقد تكون هذه التعديلات في غاية البساطة، إلا أنها قد تحدث أثراً كبيراً، ففي حال الأنابيب الوعائية الدقيقة - تُستخدم في العادة في المجال الطبي الحيوي لمعالجة الأوعية الدموية المسدودة - استطاع عدد من الباحثين إجراء عملية توسيع الأوعية الدموية بإضافة «نتوءات نانوية» على جدران هذه الأنابيب التي عادة ما يتعرف الجسد عليها على أنها جسم غريب، مما يعيق التصاق الخلايا الغشائية بجدران هذه الأوعية، وهي مرحلة مهمة من مراحل شفاء المريض. ولكن باستخدام تقنية النانو لتكوين النتوءات النانوية على جدران الأنابيب النانوية، فقد تمكن الباحثون من زيادة عدد الخلايا الغشائية التي تلتصق بجدران الأنبوب، مؤكدين أنهم وجدوا بهذه الوسيلة عدداً من الخلايا الغشائية يساوي ثلاثة أضعاف ما يتم الحصول عليه باستخدام الأنابيب الوعائية البسيطة.

ومن أهم خصائص تقنية النانو - وربما أكثرها نفعاً للتطبيقات المتعلقة بالطب الأحيائي - القدرة على تصغير التقنيات لأحجام ملائمة. فعلى سبيل المثال، يمكن حمل أجهزة قياس الضغط التقليدية الشائعة اليوم، أو ابتلاع قرص رخيص يحتوي على أجهزة بمقياس النانو أو الميكرو لقياس ضغط الدم، وإرسال البيانات إلى جهاز استقبال لاسلكي لحاسوب مرتبط بشبكة لاسلكية.

إن تصغير الأجهزة العادية أو ما يطلق عليه البعض تسمية: «مختبر على رقاقة» من شأنه أن يخدم الطب الأحيائي، كما قد يتيح للمطّورين فرصة الإبداع في الأجهزة التي يقومون بابتكارها.

الجدير بالذكر أن تقنية النانو قد اخترقت بالفعل مجال الطب الأحيائي، لدرجة صدور سلسلة فصلية تعرف بتقارير بورن المتخصصة بتغطية جميع أوجه استخدام تقنية النانو والأنظمة الميكانيكية الميكروإلكترونية MEMS – وهما مجالان تقنيان وثيقا الارتباط – في مجال الطب الأحيائي. وكل هذا ليس سوى أولى قطرات الغيث القادم.

تحلية وترشيح المياه

يمثل توفر ماء نظيف وعذب خدمة مهمة لصحة الإنسان، وهو مجال صناعي بدأت تقنية النانو بترك بصماتها في تطويره. ونظراً لأن المملكة العربية السعودية تعد أحد أكبر المستثمرين في استخدام تقنية تحلية مياه البحر في العالم لافتقارها لموارد المياه العذبة الطبيعية فإن أي تقدم في التقنية الراهنة المكلفة من شأنه التأثير ليس فقط على المصالح الاقتصادية للبلد، وإنما على مصالح البلاد الاستراتيجية لتوفير مصدر مستمر من الماء العذب لأبنائها.

من المتوقع أن يكون لتقنية النانو دور مهم جداً في معالجة المياه، لاسيما وأن ٨٠٪ من الأمراض المعروفة في الوقت الراهن تنتقل عن طريق المياه. ونظراً لصغر حجم الجراثيم المسببة للأمراض، فإن أفضل وسيلة لمعالجتها هي تلك التي تعتمد على تقنية النانو، ولأجل ذلك قام بعض الباحثين



● استخدام المرشح النانوي لتحلية وتنقية المياه.

بالعمل على صنع أصغر فرشاة في العالم، تكون أسنانها أرفع من شعرة الإنسان ألف مرة، وتستخدم في تطبيقات كثيرة، إحداها تنقية المياه. فمن شأن فرشاة بهذا الحجم صد الملوثات العالقة في الماء، بشكل لا يسمح سوى لجزيئات الماء النقية بالمرور.

من جهة أخرى، انضمت أنابيب الكربون النانوية إلى الخيارات المطروحة ضمن السعي لاستخدام تقنية النانو في تنقية المياه، لاسيما وأن هذه الأنابيب مجوفة وأقطارها صغيرة جداً بما لا يتسع لأكثر من ٧ قطرات من الماء داخلها، وهي الخاصية التي يأمل العلماء استثمارها في التطبيقات المتعلقة بتحلية مياه البحار. ومن شأن استخدام أنابيب النانو بدلاً من تقنية التناضح العكسي أن تخفض كلفة تحلية المياه بنسبة ٧٥٪، بالإضافة إلى كونها عملية سريعة.

تصنع الأنابيب الجاهزة لترشيح الماء بوضعها بشكل عمودي على رقاقة، ثم تملئ الفراغات الكامنة بين هذه الأنابيب بنيتريد السيليكون لإعطائها دعامة، بحيث تكون النتيجة النهائية أشبه بغشاء ذي مسامات نانوية. ويكمن التحدي القادم في توفير هذه الأغشية بأحجام تجارية، والعمل جار بهذا الصدد.

كما يمكن استخدام تقنية النانو في تنقية المياه مع العمليات الراهنة، وذلك لإتمام مرحلة ما من العملية. فعلى سبيل المثال يقوم العلماء اليوم بالبحث عن تقنية جديدة تعرف بعملية التحفيز الضوئي النانوي بدلاً عن استخدام الكلور في المرحلة النهائية لمعالجة المياه المستعملة. وتعتمد هذه التقنية على استخدام أشعة الشمس والمحفزات الضوئية لتطهير الماء، دون طرح منتجات جانبية ضارة. وتعد هذه التقنية اقتصادية بالمقارنة مع استخدام الكلور المطبقة حالياً لكون هذه التقنية تقوم بدور مصدر الطاقة.

من جهة أخرى، يقوم مركز التقنية متناهية الصغر للأحياء والبيئة

Center for Biologicol & Enviro mental Nano technology - CBEN بتطوير المحفزات النانوية، والمحفزات النانوية الضوئية كطريقة لمعالجة وخفض الملوثات لمستويات متدنية جداً. ويحاول المركز إيجاد حل لقضية التلوث بالزرنيخ، باستخدام جسيمات نانوية لإزالة أنواع الزرنيخ التي لا يمكن التخلص منها بالمعالجة التحفيزية.

ومن المتوقع أن تطرح بعض هذه التقنيات النانوية لترشيح المياه في الأسواق العالمية في القريب العاجل، فقد ابتكرت مختبرات سيلدون ما يشبه عصا مائية تحتوي على غشاء مكون من أنابيب الكربون النانوية. ومن المتوقع أن يزيل هذا الغشاء النانوي البكتريا والفيروسات والرصاص والزرنيخ وغيرها من المواد الملوثة من أي مصدر مياه، باستثناء الماء المالح. حيث تقوم هذه العصا بامتصاص الماء مباشرة من خزان الماء، والحصول على ماء عذب دون استخدام الكهرباء أو الحرارة أو المواد الكيميائية، فضلاً عن كونها قادرة على ترشيح لتر واحد من الماء كل تسعين ثانية، ولازالت الجهود الجادة جارية للاستفادة من تقنية النانو في إنتاج واسع النطاق للمياه العذبة، حيث تشكل صناعة المياه العذبة ثالث أكبر صناعة، لا تتفوق عليها سوى صناعات النفط والكهرباء. ويقدر سوق المياه العذبة بحوالي ٢٨٧ بليون دولار.

الإلكترونيات والفوتونات الإلكترونية

تعد هذه الصناعة القوة المحركة وراء تطوير المعدات المستخدمة اليوم في مجال تقنية النانو، والتي جعلت هذا المجال متاحاً لعدد أكبر من الناس. وقد أدت الجهود الحثيثة في مجال الإلكترونيات الرامية إلى إنتاج ترانزستورات أكثر صغراً، إلى زيادة الحاجة إلى تقنية النانو، ولاشك أن أكثر المجالات تأثراً بثورة تقنية النانو هو مجال الإلكترونيات.



● استخدام تقنية النانو في الإلكترونيات.

توظف تقنية النانو المعارف الراسخة بخصوص مادة ما في اتجاه جديد وغير متوقع، فمثلاً يعرف أن الحديد مادة تتسم بالقوة، والزجاج مادة تتسم بالشفافية، بينما في تقنية النانو فإن هذه الخواص المتعارف عليها يمكن تغيرها، وقد استغل الباحثون في هذا المجال تميز هذه التقنية، فلطالما اعتُبر السليكون مادة شبه موصلة، أي أنه كما توحي هذه التسمية، ليس موصلاً جيداً. لكن الأمر يختلف تماماً عند تناول هذه المادة على مقياس النانو، فقد اكتشف العلماء أن طبقات السليكون الرقيقة بسماكة ١٠٠ نانومتر الفائقة النظافة والنعومة، قادرة على توصيل الكهرباء كأي موصل آخر. وهذه ليست سمة خاصة بالسليكون، وإنما تنطبق على جميع أشباه الموصلات الرقيقة. فعندما تكون طبقتها العلوية عالية النقاوة والصقل فإن سطحها سيظهر قدرة جيدة لتوصيل



● رقاقة نانوية من البلاتين تستخدم في صناعة الترانزستور.

الكهرباء. وما قام به العلماء هو إزالة طبقة أكسيد السليكون الرقيقة التي تتكون فوق السليكون دون إلحاق أي ضرر بالسليكون، ثم قاموا بترسيب طبقات إضافية، فكانت النتيجة النهائية عبارة عن سطح أملس ونظيف جداً من السليكون الموصل.

وقد عُرف عن السليكون أنه يمثل مادة غير مناسبة لإصدار إشعاعات منتظمة، مثل: الليزر نظراً لبنيته البلورية. لكن باستخدام تقنية النانو، فقد وجد الباحثون أنهم بحفر مليارات الثقوب النانوية من مادة السليكون، يستطيعون إعادة ترتيب تركيبه بحيث يصبح من الممكن لها إصدار أشعة الليزر. إن هذا الاكتشاف يبقى بالغ الأهمية لأن أشعة الليزر السليكونية تمهد الطريق لإمكانية دمج الليزر مع الأجهزة الإلكترونية في رقاقة سليكون واحدة، مما يعتبر في حال تحققه إنجازاً رائعاً، من شأنه خفض التكلفة الصناعية إلى حد بعيد.

كما استطاع فريق بحث علمي بجامعة هارفارد استخدام أسلاك الجرمينيوم السليكونية النانوية في تصميم نوع جديد من ترانزستورات تحت تأثير المجال المغناطيسي(FET) وهم يزعمون أنها أفضل بثلاث إلى أربع مرات من ترانسيستورات السليكون من نوع (CMOS)، وهم يأملون أن تحل تقنيتهم محلها مستقبلا.

كما استُخدمت أسلاك النانو لتصميم الصمامات الثنائية الباعثة للضوء (LED) الواسعة المجال. والنتائج واعدة جداً حتى الآن، ويمكن النظر فيها مستقبلاً لمختلف التطبيقات مثل أشعة الليزر.

وبعيداً عن الأسلاك النانوية، فقد أوجدت أنابيب النانو العديد من التطبيقات في صناعة الإلكترونيات، وما تزال هناك تطبيقات جديدة تتوارد مع تقدم هذه التقنية. مثل تصميم وتطوير القواطع الكهربائية

من حيث الحجم وسرعة العمل اعتماداً على أنابيب النانو. والتي من شأنها أن تحل محل رقاقة الصمامات.

من جانب آخر استُخدمت أنابيب الكربون النانوية لإدخال تعديلات على الصمام ثنائي القطبية العضوية الباعثة للضوء (OLED) التي تستخدم عادة إنديوم أكسيد القصدير كأكسيد موصل شفاف. حيث يسعى الباحثون لاستبدال طبقة الأكسيد هذه بأنابيب الكربون النانوية، وهي تقدم في الواقع أداءاً ينافس أداء الصمامات. كما سيكون للأنابيب النانوية دور في صناعة الذاكرة للإمكانات الهائلة الكامنة في أنابيب النانو لكونها سهلة التعديل، ولما لها من خواص كهربائية وحرارية وميكانيكية فريدة جداً. هذا وقد بدأ العلماء باستخدام البرامج الحاسوبية بشكل مكثف لمحاكاة الآثار المختلفة الناجمة عن معالجة هذه الأنابيب . وقد تُغير أساليب تقنية النانو أشعة الليزر التي تعد جزءاً ضرورياً من قطاع الاتصالات الضوئية.

ومن المقرر أن يحقق مجال الإلكترونيات فكرة «مختبر على رقاقة»، بمعنى تصغير أنواع التقنية حتى يصبح من الممكن دمجها جميعاً في رقاقة صغيرة، ومما لاشك فيه أن للإلكترونيات دوراً كبيراً في تحقيق هذه الفكرة.

وعند النظر بشكل مجمل إلى توجهات تقنية النانو في تطبيقاتها لمجال الإلكترونيات، فإنه يمكن للمرء أن يدرك بسهولة أن يصل التصغير يوماً ما إلى مستوى الجزيئات نفسها التي تتشكل منها المادة ، فهذه الأدوات،تتكون أساساً من جزيئات بغض النظر عن صغر أحجامها، ويجب على المرء ألا ينسى أموراً مثل: كون عرض أنابيب الكربون النانوية يساوي نحو خمسة جزيئات. وهذا يعني أنه يتم الاقتراب وبشكل سريع من مقياس الجزيء،وبذلك فلا عجب إذا أحرز العلماء تقدماً في هذا الاتجاه، ونجحوا في صنع أدوات من هذا المقياس في مجال الإلكترونيات الجزيئية.

لقد تم صنع مفتاح كهربائي أحادي الجزيء على مقياس الجزيء، وذلك بزراعة جزيء ذي ثنائية قطبية كبيرة على قاعدة من ذهب. وقد صممت ثنائية القطب هذه خصيصاً لأن تكون إما إيجابية أو سلبية بطرف منتصب إلى الأعلى، وآخر منغمس في قاعدة الذهب. وفي أنواع أخرى من التقنية المثيرة للاهتمام التي تستخدم تقنية النانو في صناعة الإلكترونيات، قام الباحثون بتطوير إلكترونيات مرنة أطلقوا عليها اسم الجلود النانوية. يمكن استخدامها للأدوات الإلكترونية والمجسات.

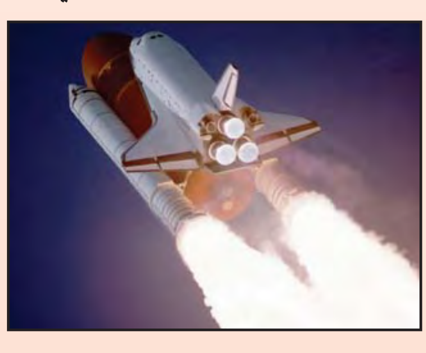
تطبيقات أخرى

هناك تطبيقات أخرى لتقنية النانو في العديد من المجالات مثل علم الفضاء، حيث تستخدم لتطوير مواد قوية وخفيفة الوزن ومتعددة الاستعمالات لتعزيز أداء وخفض التكاليف التشغيلية للطائرات والمراكب الفضائية. كما تستخدم لإنتاج إلكترونيات أكثر سرعة على الرغم من كونها مضغوطة بشكل أكبر، من شأنها أن تمكن مركبات هوائية آلية وموجهة ذاتياً دون وجود بشري من الاستطلاع والمراقبة

كما تستخدم تقنية النانو كذلك في إنتاج ومعالجة وحفظ المنتجات الغذائية بشكل آمن. أما في الزراعة فتستخدم تقنية النانو في تعزيز الإنتاجية، مثل الزيوليتات ذات المسامات النانوية للإطلاق البطيء ولضخ الجرعات الفعالة من الماء والمواد المخصبة للزرع، ومن الغذاء والدواء للمواشي، والمجسات النانوية لمراقبة جودة التربة وسلامة المزروعات والمغناطيسات النانوية لإزالة ملوثات التربة. كما تستخدم تقنية النانو لتطوير أنظمة الدفاع والأمن القومي أكثر سرعة وقدرة، بما يسمح بالسيطرة على التحكم والاتصالات والمراقبة والاستطلاع والمعلومات. ويمكن استعمالها أيضاً في تطوير كاشفات المواد الكيميائية والحيوية والإشعاعية والمتفجرات،أما بالنسبة لتطبيقات البنية التحتية المدنية والنقل، فإن تقنية النانو توظف لتطوير مواد بناء ذات جودة وأداء عالي يفوق بكثير المنتجات المطروحة في الأسواق حالياً، وكذلك أنظمة آلية من شأنها الحد بشكل كبير من الحوادث، فضلاً عن استعمالها في تطوير وسائل نقل فعالة باستخدام مواد ذات أداء أفضل.



● مجس نانوي للكشف عن المخاطر المختلفة.



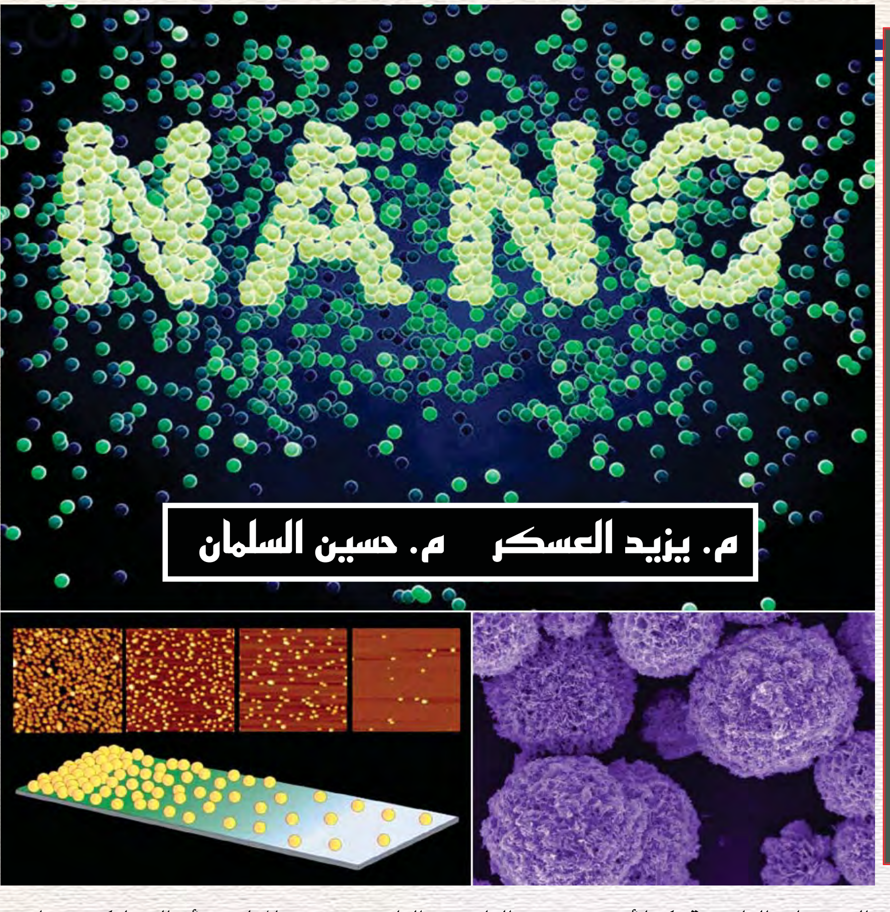
● استخدام تقنية النانو في المركبات الفضائية.



● استخدام تقنية النانو في الكواشف الإشعاعية.

الحبيبات النانوية

يمكن تعريف حبيبات النانو (Nanoparticles) ـ بوجه عام ـ بأنها الحبيبات التي يقل قطرها عن ١٠٠ نانو متر، وقد يطلق عليها كذلك جزيئات النانو، ولكن منعاً للخلط بينها وبين الجزيئات المعروفة، فإنه يمكن تسميتها بحبيبات النانو في هذا المقال.



م. يزيد العسكر م. حسين السلمان

يمكن تصنيع هذه الحبيبات والحصول عليها من مواد مختلفة، مثل: الفلزات كالذهب والفضة وأشباه الموصلات كالسليكون والبوليمرات والخزفيات وغيرها، حيث يتم اختيار المادة وطريقة التصنيع على حسب التطبيقات المستخدمة فيها هذه الحبيبات.

تمتاز هذه الحبيبات مقارنة بموادها الأصلية بما يلي:

١ـ زيادة مساحة سطح الحبيبة بالنسبة إلى حجمها، مما يزيد من طاقة سطحها مقارنة بالمواد الأصلية، وكذلك زيادة نشاطها كمواد محفزة.

٢ـ يؤدي صغر حجم الحبيبة إلى تعرضها للآثار الكمية (quantum effects)؛ ولذلك يحدث تغير كبير في خصائصها كافة (الكيميائية، والإلكترونية، والضوئية، والمغناطيسية، والميكانيكية).

الجدير بالذكر أن النقط الكمية (Quantum Dots) هي في الأساس حبيبات نانوية صغيرة جداً ـ أقل من ١٠ نانومتر تقريباً ـ مكونة من أشباه الموصلات. تترتب الذرات في تلك النقط ترتيباً بلورياً (Crystalline) بحيث يكون مفتاح عملها هو الفيزياء الكمية؛ بسبب صغر الحجم، فهي بذلك حالة خاصة من الحبيبات النانوية. كما أن مسحوق النانو (Nanopowder) هو في الواقع عبارة عن حبيبات نانوية مختلفة الحجم يصل متوسط قطرها إلى أقل من ٥٠ نانومتر.

استخدمت حبيبات النانو ـ وعلى مر التاريخ ـ في تصنيع المواد لخصائصها المدهشة. فقد استخدمها الرومان في تصنيع أكواب تعطي ألوان مختلفة إذا نُظر إليها من الأمام أو من الخلف. ولم يكن الرومان في الماضي يعرفون السبب في ذلك، كما أنهم لايعرفون أنهم استخدموا الحبيبات النانوية. وتعد مادة السليكون من الأمثلة على تغير خواص المواد عندما يصل حجمها إلى الحجم النانوي، فمن المعلوم أن السليكون مادة من أشباه الموصلات التي لا تستخدم في الضوئيات والأجهزة المضيئة، ولكن في المقابل تمتاز حبيبات السليكون النانوية بعدد من الظواهر تختلف باختلاف حجمها وفقاً لمايلي:

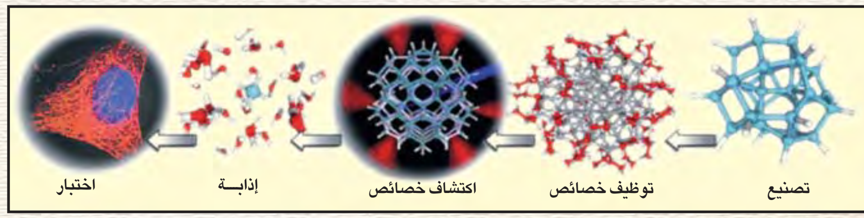
● رسم يوضح زيادة سطح الحبيبة بالنسبة لحجمها.

١ـ عندما يتراوح قطر الحبيبات بين واحد نانومتر إلى ٣,١٥ نانومتر؛ فإن خواصها تتغير لتكون مضيئة بألوان مختلفة عند إثارتها بالأشعة فوق البنفسجية.

٢ـ تمتلك الحبيبات التي يتراوح قطرها بين ٤٠ إلى ١٠٠ نانومتر خواص فيزيائية جديدة، حيث إنها تكون صلبة جداً بدرجة تفوق صلابة الياقوت.

وفي الواقع يعتمد تغير خواص الحبيبات عن خواص موادها الأصلية تغيراً كلياً أو جزئياً على عدد من المتغيرات ـ تختلف من مادة إلى أخرى ـ منها: حجم الحبيبة، وتوزيع الذرات في الحبيبة وأيضا طريقة تصنيع الحبيبات.

ويمكن تقسيم البحث في علم الحبيبات النانوية إلى عدة مراحل تبدأ بتصنيع الحبيبات (Synthesize)، ثم توظيفها لعمل معين (Functionalize)، يلي ذلك استكشاف خصائصها (Characterize)، ثم استكشاف خصائصها وهي مذابة في محلول



● مراحل دراسة حبيبات النانو.

(Salvation)، وأخيراً اختبارها في التطبيقات (Application) المناسبة.

خواص حبيبات النانو

من أهم خواص حبيبات النانو مايلي :

● الخواص المغناطيسية

يؤدي نزول حجم الحبيبات إلى مستوى النانو إلى تحسين نشاطها المغناطيسي مقارنة بالمواد على طبيعتها الأصلية، ويمكن الاستفادة من هذه الخواص في تطبيقات تخزين الوسائط عالية الكثافة، وفي التطبيقات الطبية، كتوصيل العقاقير داخل الجسم إلى المكان المطلوب.

● الخواص الضوئية

يمكن التحكم بالطول الموجي للامتصاص والطول الموجي للإشعاع في الحبيبات النانوية عن طريق التحكم بحجم الحبيبة، فعلى سبيل المثال: إذا سلطت أشعة فوق بنفسجية علي حبيبات السليكون ذات قطر ١ نانومتر فإنها تضئ باللون الأزرق، أما اذا كان قطرها ٣ نانومتر فانها تضئ باللون الأحمر عند تسليط نفس الاشعاع عليها. أما إذا كان حجم الحبيبة النانوية أقل من الطول الموجي الحرج للضوء؛ فإن الشفافية تتحقق في هذه الحالة. وهذا ما يجعل الحبيبات النانوية مناسبة لتطبيقات الطلاء لتحقيق خاصية معينة، فهي تجمع بين الشفافية لصغر حجمها وخصائص المادة المكونة لها .

● الخواص الكهربائية

يعتمد انتقال حبيبات النانو من مكان إلى آخر على خصائص كل مادة على حدة، فعلى سبيل المثال: يمكن التحكم بالطاقة الكامنة للأيون عن طريق التحكم بحجم الحبيبة وطبيعتها الكيميائية ، كما أنه يمكن القول إن الحبيبات النانوية المكونة من الفلزات يكون لها توصيلية جيدة من نقطة إلى أخرى، مما يجعلها مناسبة لتكوين طبقة رقيقة ذات توصيل جيد. وبناء على ما سبق: فإن الخواص الكهربائية للحبيبات تختلف من مادة إلى أخرى .

● الخواص الحرارية

إذا كانت الحبيبات ذات ذرات متجانسة؛ فإن حبيبات النانو المكونة من فلزات تُظهر تحسناً كبيراً في الخواص الحرارية لأنظمة البوليمرات، كما أنه كلما قل حجم الحبيبات؛ فإن درجة الحرارة اللازمة لإذابتها وتكلسها تقل. فعلى سبيل المثال: يمكن أن تتكلس حبيبات الفضة ذات حجم أقل من ١٠٠ نانومتر في درجة حرارة منخفضة قد تصل إلى ١٥٠مْ . كما أن حبيبات السيليكات تعمل على تحسين درجة الحرارة التي تتشوه عندها المواد البلاستيكية عند تعرضها لضغط معين مما يجعل هذه الحبيبات بديلاً أقل كلفة للبوليمرات غالية الثمن.

● الخواص الكيميائية

إن الخواص الكيميائية لحبيبات النانو لها علاقة كبرى بالمحفزات وتطبيقاتها؛ حيث تعمل التفاعلية العالية (High reactivity) للحبيبات بسبب زيادة مساحة سطحها إلى حجمها - كما ذكر سابقاً - إلى جعلها مناسبة جداً لتطبيقات عديدة مثل خلايا الوقود، والتطبيقات البتروكيميائية، وتطبيقات تنقية الهواء. كما أنه إذا كانت هذه الحبيبات متجانسة ولها الحجم نفسه؛ فإن هذا يزيد من تفاعلها، مما يقلل الحاجة لاستخدام البلاتنيوم غالي الثمن في المحفزات، وإمكانية استبداله بمواد قليلة الكلفة مثل حبيبات الذهب النانوية.

● الخواص الميكانيكية

يمكن استخدام حبيبات النانو في زيادة القوة الميكانيكية في بعض المعادن وتقليل الوزن، على سبيل المثال: أثبتت حبيبات السليكات النانوية مقدرتها على زيادة الصلابة وتقليل الوزن بطريقة لا يمكن للحبيبات الكبيرة أن تعملها، مما يعني إمكانية تصنيع لدائن حرارية ذات كفاءة عالية وتكلفة منخفضة.

طرق تحضير الحبيبات النانوية

يمكن تحضير الحبيبات النانوية بعدة طرق من أهمها مايلي :

● طحن المواد الجامدة

يمكن تحضير الحبيبات النانوية بدءاً بالمواد الجامدة (Solid State method) ؛ عن طريق طحنها (Grinding)، أو نحتها (Milling)، ولكن يعاب على هذه الطريقة أن الحبيبات غير متناسقة الحجم، وذات تكلفة عالية، وفيها هدر كبير للمواد، أي لايمكن تحويل كامل المادة الأساسية لحبيبات النانو.

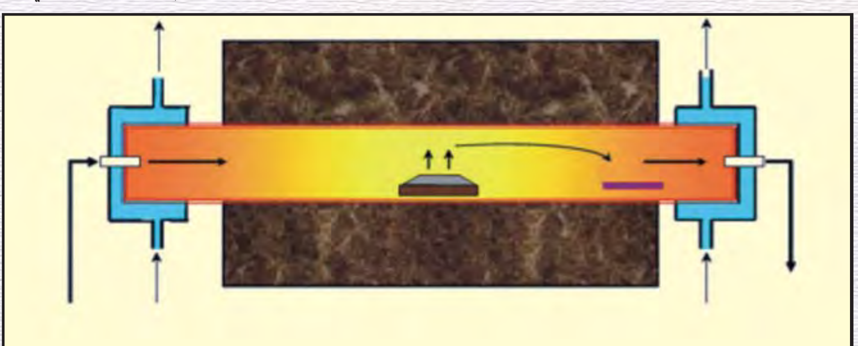
● التبخير

يمكن استخدام الترسيب باستخدام عدد من طرق التبخير منها:-

❋ التبخير الفيزيائي (Physical Vapor Deposition): حيث يتم تبخير المادة الأصلية بطريقة فيزيائية، ومن ثم ترسيبها، فتتكون طبقة رقيقة من حبيبات النانو. ويعاب على هذه الطريقة أنها مكلفة وتعطي كميات قليلة.



● جهاز الترسيب باستخدام التبخير الفيزيائي.



● الترسيب بالتبخير الفيزيائي.



● جهاز الترسيب بالتبخير الكيميائي.

*** التبخير الكيميائي (Chemical Vapor Deposition) :**
ويتم فيه دخول الغازات إلى غرفة التفاعل الكيميائي، وترسيب النواتج على شكل حبيبات نانوية. ويعاب على هذه الطريقة التكلفة العالية التي تشكل عائقا على استخدامها .

*** التبخير التفريغي للسوائل المارة (Vacuum Evaporation Running LiquidsVERL) :**
وفيها يتم تبخير الفلز في جهاز التفريغ، ومن ثم ترسيب الحبيبات على مادة لزجة في أسطوانة دائرية؛ فتكون الحبيبات معلقة في المادة اللزجة.

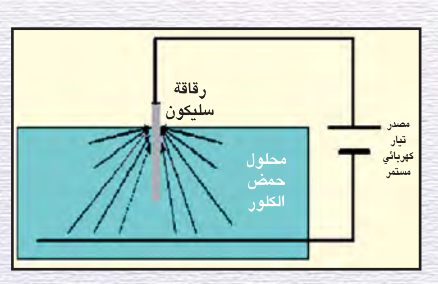
● الطريقة الكيميائية

تعد الطريقة الكيميائية (Chemical method) أكثر الطرق انتشارا؛ وذلك لقلة تكلفتها وقدرتها على إعطاء حبيبات ذات أحجام متناسقة نوعا ما.

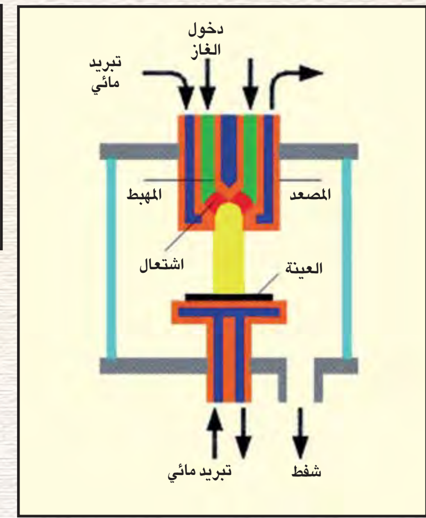
الجدير بالذكر أن هذه الطريقة تعترضها عقبة مهمة وهي التكتل، وللتغلب على هذه العقبة: يتم إضافة بعض المواد الكيميائية التي تمنع من التكتل. وكمثال على هذه الطريقة يتم إنتاج حبيبات السليكون ذات حجم ٣ نانومتر عن طريق تفاعل رقائق السليكون مع حمض الفلور، وإضافة الميثانول لمنع التكتل .

● الطريقة الكهروكيميائية

تتكون حبيبات النانو في هذه الطريقة عن طريق تفاعل كيميائي مع مرور تيار كهربائي معين أثناء التفاعل، وتستخدم هذه الطريقة لإنتاج حبيبات سليكون نانوية ذات أقطار تصل إلى ١ نانو متر، حيث يتم إجراء التفاعل بين رقائق السليكون وحمض الفلور على أن يكون السليكون في قطب مصعد (Anode) تيار كهربائي كثافته ٥ ملي أمبير لكل سم مربع.



● الطريقة الكهروكيميائية.



● مصباح البلازما لإنتاج الحبيبات النانوية.

● التصنيع بالبلازما

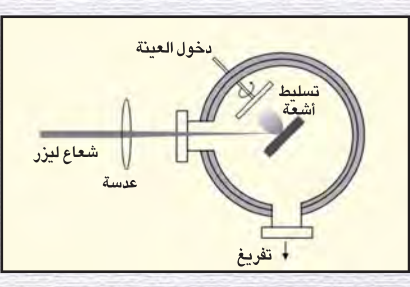
تعتمد طريقة التصنيع بواسطة البلازما (Plasma synthesis techniques) على تبخير الحبيبات من المادة بواسطة الطاقة الكامنة في البلازما الحرارية عند درجة حرارة - أثناء التبخير- حوالي ١٠٠٠ درجة كلفن؛ حتى يسهل تبخير المادة. وبما أن الحبيبات في هذه المرحلة تكون كبيرة - في حجم المايكرو- فإنها تتحول إلى حبيبات نانوية بعد تبريدها عند خروجها من منطقة البلازما.

● النحت بالليزر

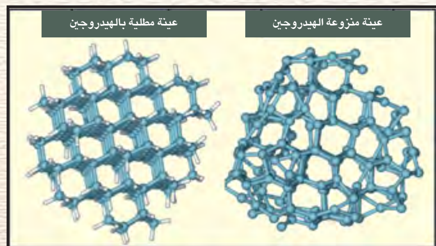
يتم في هذه الطريقة تسليط أشعة الليزر (Laser Ablation) على المادة المراد الحصول على حبيبات النانو منها، فتمتص المادة طاقة الليزر؛ لتتحرر منها الحبيبات. ويوضح شكل (١)، جهاز النحت بالليزر النابض، حيث يتم شفط الحبيبات الناتجة باستخدام مضخة التفريغ.

● طلاء الحبيبات النانوية

يتم طلاء حبيبات النانو (Coating of Nanoparticles) بإضافة ذرات على السطح الخارجي للحبيبة النانوية من مادة مختلفة عن المادة الأصلية للحبيبة؛



● شكل (١) طريقة عمل الليزر النابض.



● شكل (٢) محاكاة البناء الذري لحبيبة جرمينيوم ذات قطر ٢ نانومتر..

لجعلها أكثر ملائمة لتطبيقات معينة أو لمنع تفاعلها، أومنع أكسدتها.

الجدير بالذكر أن الدراسات حول طلاء الحبيبات في توسع مستمر؛ لما لها من أثر مباشر على التطبيقات التي يمكن استخدام الحبيبات فيها. فمثلاً: بما أن حبيبات السليكات تعد من المواد الماصة للماء(hydrophilic) ، فانه يتم طلاءها بمادة (polyhedral oligomeric silsesquioxanes-Poss) . لجعلها غير ماصة. ولتوضيح أثر الذرات على السطح يلاحظ في شكل (٢) حبيبة جرمانيوم ذات قطر ٢ نانو متر مطلية بذرات الهيدروجين، مما يجعلها تحافظ على ترتيبها البلوري، ولكن إذا تم نزع ذرات الهيدروجين منها فإنها تتشوه.

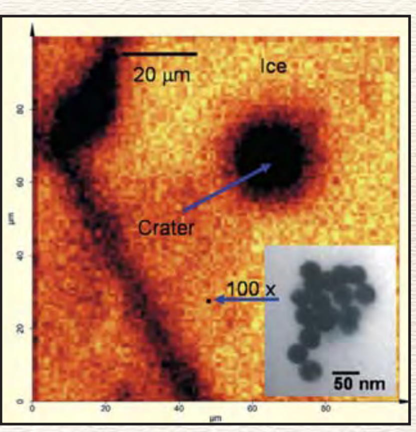
تطبيقات الحبيبات النانوية

تنبني تقنية النانو على أساس أن الأشياء المصغرة تمتلك خواص جديدة تختلف عن موادها الأصلية التي تكونت منها في الأساس وعنها في الأحجام الكبيرة. ومن هذا المنطلق فليس من المستغرب أن نجد لحبيبات النانو الصغيرة تطبيقات جديدة وفريدة من نوعها، ومن أهم هذه التطبيقات مايلي :-

● التطبيقات العلمية

قد يكون التطبيق الرئيس للحبيبات النانوية هو التطبيق في مجال العلوم بشكل عام، وتنبع أهمية هذا التطبيق في أن حبيبات النانو بدأت من هذا المجال أولا، قبل أن تصل إلى التطبيقات الأخرى، وبالفعل نجد أن حبيبات النانو - كما هو متوقع - قد أحدثت ضجة في أوساط العلوم الطبيعية؛ لأنها أتت باستكشافات جديدة مذهلة.

ومن التطبيقات التي وجدت لحبيبات النانو: ابتكار طريقة جديدة لنقل الحرارة والتسخين. فلقد وجد أن حبيبات الذهب النانوية تستطيع أن تسخن مواد أكبر منها بألف مرة، حيث قام فريق بحث باستخدام



● حبيبات النانو تساعد في تسخين الثلج .

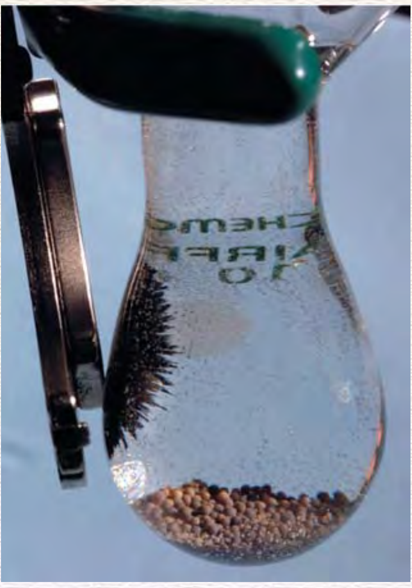
هـذه الحبيبـات فـي إذابـة قطعـة مـن الثلـج باستخدام شـعاع من الليزر المسلط على هذه الحبيبات. ولـو أنهم اسـتخدموا هذا الشـعاع نفسه من الليزر على قطعة ثلج لا يوجد بداخلها حبيبات الذهب النانوية لما ذابت قطعة الثلج.

كمـا تم اكتشـاف إمكانية إكسـاب المواد خاصيـة الذاكرة الشـكلية، حيث قـام فريق بحثي بزراعـة حبيبات نانوية مغناطيسـية في بعض الأجسام، وعند تغيير الشكل العام لهذه الأجسام؛ فإنها يمكن إعادتها إلى شكلها الأصلي عن طريق تسليط مجال مغناطيسي عليها. ويوضـح الشكل (٣) شكل المادة التي تم تغييره (يسـار) ، وبعد سـت ثواني من تعريضهـا لموجات مغناطيسـية عادت المادة إلى شكلها الأصلي (يمين).

مـن الأشـياء العجيبة كذلـك تحقق حلم العلمـاء في إنشـاء عدة تفاعـلات كيميائية فـي إنـاء واحـد بواسـطة حبيبـات النانو - كان يعـد صعبـاً بحسـب المعرفـة العلميـة فـي الوقت الحاضـر - وذلك باسـتخدام حبيبات نانو مغناطيسـية، حيث تكتسـب حبيبـات النانو خاصيـة عـدم الالتصـاق بنفسـها لتبقـى متفرقة، مما يسـاعد في تحفيـز التفاعلات. وبعد الانتهاء من التفاعلات؛ يمكن عزل هذه الحبيبات عن طريـق اسـتخدام مغناطيس لسحبها من أوساط التفاعل كما هو موضـح فـي الشـكل (٤). ويعد هـذا إنجـازاً عظيماً



● شكل (٣) تغير الشكل الأصلي للمادة بعد تعريضها لموجات مغناطيسية.



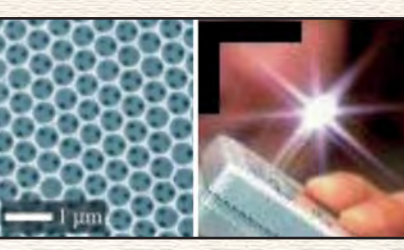
● شكل (٤) عزل مواد التفاعل بالمغناطيس .

حيث يمكن بواسطة هذه الخاصية المحافظة على البيئة عـن طريق تقليل الحاجة إلى هذه التفاعـلات الملوثـة، وتسـهيل عمليـة فصل المواد المتفاعلة وإعادة استعمالها. كما لعبت حبيبـات النانـو دوراً آخـر فـي التفاعـلات الكيميائيـة، حيـث اسـتطاع فريـق بحـث اكتشاف طريقة استخدام حبيبات النانو في إنتاج مادة الإيروجيل (Aerogel) التي تمتاز بتطبيقاتهـا العديـدة لكونها عـازل حراري ممتاز جداً. ولابد لهذا الاكتشـاف أن يسـهل مـن تصنيع هذه المادة بكميات تجارية تصل إلى المستهلك بأسعار مغرية.

● المنتجات الاستهلاكية

لعبـت حبيبـات النانـو دوراً مهمـاً فـي المنتجـات الاسـتهلاكيـة التي تبـاع اليـوم أو في طريقها للوصـول إلى المنتجات النهائية. ويقول المحللون إن منتجات النانو بشكل عام سـتصل الأسـواق وتغير فيها كثيراً، ولكن ليس بالصورة التـي يتوقعها الجميع، إذ إن منتجـات النانو - وحبيبـات النانو بالأخص - سـتعمل على تطوير المنتجات الحالية بدلاً من إيجـاد منتجات جديدة. ومـن أبرز المنتجات الاستهلاكية الموجودة أو المحتملة مايلي :

* **أجهزة الإضاءة :** حيث يعد إنتاج مصادر بديلـة للإنـارة مـن التطبيقـات التـي تهـم المسـتهلك، ويرجع السـبب في ذلـك إلى أن منتجـات الإنارة المسـتخدمة فـي يومنا هذا تسـتهلك طاقة عالية، وقد يتمكـن الباحثون مـن إنتاج الضـوء مـن المـواد الإلكترونية، ولكن يواجه ذلك صعوبة إيجاد مصدر ضوء أبيض اللون ، إضافة إلى صعوبة تصنيع هذا



● ضوء أبيض لجهاز مطور من حبيبات النانو . ● هيكل بلوري للتحكم بوميض حبيبات النانو .

المصدر، وتوجـد الآن مواد إلكترونية تشـع ضوءاً أبيضا ولكنهـا صعبة التصنيع. ومن هنا يدخل دور حبيبات النانو حيث اسـتطاع أحـد مراكز الأبحاث في هـذا المجال أن ينتج الضوء الأبيض من المواد الإلكترونية بطريقة أقل تعقيداً من الطرق المستخدمة اليوم . ولكن تواجه هـذه الطريقة مشـكلة فـي التصنيع، حيث تعتمـد صناعة هذه المـواد الإلكترونية على مواد سـامة. وعلى الرغـم من هذا؛ فإن مركـز الأبحاث هـذا يؤكد أن البحث ما زال جاريـاً لإنتاجها دون اللجوء إلى اسـتخدام المواد عالية السمية.

* **الترانزسـتـورات :** إذ اسـتطـاع أحـد الباحثين أن يصنع ترانزسـتور من مجموعة حبيـات الذهـب النانويـة معلقـة بخيـط من الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) وجعله يعمل كما يعمل الترانزستور. وبالفعل اسـتطاع هذا العالم أن يسـجل براءة اختراع علـى جهازه هـذا كإنجاز عظيـم يمكنه تغيير طرق إنتاج الترانزستور بالطرق المعتادة.

* **أجهزة الذاكرة الرقمية:** وهـي مـن المجالات المهمة فـي عالم الإلكترونيات التي التي نجحت فيها حبيبات النانو نجاحاً جيداً، إذ يتوقـع الباحثـون أنـه بالإمكان تخزين الإشـارة الرقميـة الواحـدة فـي كل حبيبـة نانويـة واحدة. وإن تم ذلـك فإنه من الممكن مضاعفـة سـعة الذاكـرة الحاليـة إلـى مئة ضعف. ويمكن بهذا استيعاب مليوني كتاب في مساحة لا تتعدى السنتيمترين المكعبين.

* **التحكم في الوميض :** ومن خلالها يمكن للعاملـين بمجـال الإلكترونيـات اسـتخدام حبيبـات النانـو كمصـدر إنتـاج وميـض ضوئي في تطبيقات إلكترونية كالاتصالات ومعالجـة البيانات، وبالفعل اسـتطاع فريق بحثـي أن يتحكـم فـي وميـض الضـوء عن طريق تثبيت حبيبات النانو في وسـط هيكل بلوري فوتوني .

* **التحكـم فـي الضـوء :** حيث أمكـن ذلك باسـتخدام حبيبـات الهيدروجـين النانوية التـي تحبس المـاء بداخلها، ومن ثـم التحكم

فـي الضوء الصـادر من هـذه الحبيبات عن طريق تسـخينها؛ مما يؤدي إلى فقدان كمية الماء المحبوس، ومن ثم تغير الضوء الصادر منها والتحكم فيه.

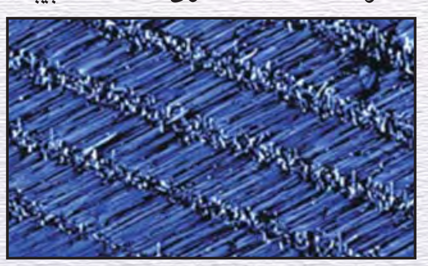
*** إنتاج الحساسات :** فقد أمكن تصميم حسـاس حـراري مكـون مـن حبيبـة ذهب نانوية محاطـة بحبيات نانوية أخرى أصغر منها حجماً. وعندما يسخن هذا المجس ككل؛ فإن فارق المسافة بين حبيبة الذهب النانوية والحبيبات النانوية، الصغيرة التي تحيط بها تتغير، وبذلك يمكن قياس هذا التغير، وبهذه الطريقة يمكن إنشاء حساس حراري.

*** الأجهزة الإلكترونية:** حيث توجد طرق مبتكرة للاستفادة من حبيبات النانو في إنتاج طباعتها على الشكل المطلوب، كما هو الحال في الطابعات الحبرية المعروفة اليوم، وبالتالي استخدامها كطريقة لتصميم الإلكترونيات، من حبيبات النانو. وتلعب حبيبات النانو دوراً غير مباشـر في تكوين تصاميم نانوية أخرى تستخدم في الإلكترونيات، كاستخدامها في إنتـاج الأسـلاك النانوية كما هـو موضح في شـكل (٥)، حيث يمكن رؤية حبيبـات النانو في قاع الأسـلاك النانوية، مما يجعل لها أثراً في إنتاج هذه الأسلاك.

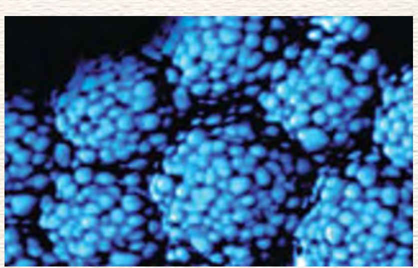
*** إنتاج الألبسة :** وهـي تعـد مـن أكبر الأسـواق التي ستسـتفيد من تقنيـة حبيبات النانـو، كمـا أنهـا أقـرب التقنيات المتوقـع وصولها إلى الأسـواق، إذ تسـتطيع الألبسة المطـورة بواسـطة حبيبـات النانـو أن تمنـع التصاق الأوسـاخ ، كما يمكن تصنيع ألبسـة للتدفئة، وألبسة تستوعب حتى الملوثات التي في الجو لتنقي الهواء من الملوثات القريبة.

*** إنتاج الطلاءات :** وهـي كذلـك تعد من الأسواق الكبيرة التي ستسـتفيد من حبيبات النانو، من خلال مجـالات متعددة جداً، منها كذلك التطوير الممكن في الأصباغ بشكل عام، فقد طورت إحدى الشـركات نوع من الطلاء يعتمد في تقنيتـه على حبيبات النانو، والذي يتميـز بكفاءته في مقاومة التصدع والحفاظ على الألوان ومقاومته للغبار والمياه.

و هناك طـلاءات أخرى سـاهمت حبيبات



شكل (٥) أسلاك نانوية مع حبيبات نانو أسفلها.



حبيبات النانو المستخدمة في الأصباغ.

النانـو فـي تخفيـض تكلفتها ، مثـل الطلاءات المانعة للانعكاسـات التي تسـتخدم في بعض المنتجـات، مثـل: العدسـات. كمـا تسـتخدم حبيبـات النانو في إنتاج طـلاءات أخرى واقية من أشعة الشمس، وفي إنتاج مواد تحول دون تكون الضباب على الأسـطح حيث تمنع تكون قطـرات صغيرة وجعلها تتوزع على السـطح، وبهذا لا يمكن تكوين الضباب على الأسطح.

*** تقوية الأسـمنت :** حيث وجد أن حبيبات النانو المكونة من ثاني أكسيد السليكون تزيد من قوة الأسـمنت. وفي هـذا المجال يبدو أن حبيبات النانو كانت تسـتعمل في هذا النوع من المنتجات منذ زمن بعيد ، إذ اكتشـف ذلك فريق بحثي عندما وجدوا حبيبات نانو فلزية في آنية قديمة شكل (٦) .

التطبيقات الطبية

قـد لا تكـون لحبيـات النانـو تطبيقـات ملموسـة بالنسـبة لعامة الناس، ولكنها تكون ضرورية لما يكون منها من منافع. وينطبق هذا القـول علـى التطبيقات الطبية ، فالحفاظ على الحياة الإنسانية هي مما أمرنا به الله سبحانه وتعالـى، وهـو دور قـد اتفقـت عليـه جميـع الحضـارات المتقدمـة. ومـن هـذا المنطـق فلا عجب من أن الغالبيـة العظمى لتطبيقات النانو وبالأخـص تطبيقـات حبيبـات النانـو هي في مجال الطب، وهي تغطي كلا من التشـخيص والعلاج بطرق مبتكرة لم يسبق لها مثيل.

ففـي مجـال التشـخيص الطبـي: عمـل فريـق بحثي علـى اسـتخدام حبيبـات النانو لدراسـة كيفية عمل الدماغ. وكانت دراستهم علـى أدمغـة الفئـران كحقل للتجـارب. حيث اسـتطاعوا أن يدرسوا العمليات الحيوية التي تحدث في داخل دماغ الفأر عن طريق مراقبتها بواسـطة حبيبات النانو. وقد قـام فريق آخر بتجربة مماثلـة، ولكن اسـتخدموا فيها مادة تشبه دماغ الإنسان في محاكاة ما قد يحصل فـي دمـاغ الإنسـان. يسـتخدم العاملون في هذا المجـال غالباً هـذه المادة المشـابهة لدماغ الإنسـان. وقـام فريـق بحـث آخـر بتكويـن حبيبـات نانـو متخصصـة لغـرض توضيح الأورام الموجودة في دماغ الإنسان.

كذلـك اسـتخدمت حبيبـات النانـو في أغـراض تشـخيصية أخـرى، كقدرتها على سـبيل المثـال أن تزيد مـن إضاءة الخلايا الحيويـة؛ ممـا يسـهل رؤيتها ودراسـتها. ويمكن أيضا اسـتخدام حبيبات النانو لطلاء الخلايـا الحيـة، مما يجعلها تشـع ويسـهل مراقبتها ورصد حركتها في الجسـم الحي. كما تسـتطيع حبيبات النانـو أيضا أن تظهر انسـداد الشـرايين أسـرع مـن أي طريقـة أخـرى، وهـي تسـتخدم أيضاً في اكتشـاف ارتفـاع مسـتوى الكولسـترول أسـرع من الطرق التقليدية الحالية. وقد يكون من أعظم إنجازات التشـخيص تتبع تكوين السرطان ودراسـة البروتينات المتغيرة التي تعد سبباً لبعض الأمراض كالخرف وجنون البقر.

من التطبيقات المهمـة لحبيبات النانو في مجال الطب، هو ما يسمى بتوصيل العقاقير، فغالباً ما يكون الحال أنه توجد عقاقير يمكنها معالجـة المرض، ولكن لا يمكـن إيصالها إلى المكان المحدد في جسم الإنسان، إما لضرر ما، أو لصعوبة إيصال الدواء. وقد لعبت حبيبات النانـو دوراً مهماً في حل هذه المشـكلة، فلقد وجـد العلماء عـدة طرق لاسـتخدام حبيبات النانو فـي توصيـل العقاقير، فمثـلاً وجدوا أن بالإمـكان مـلء هـذه الحبيبات بالعقاقير ومن ثم توصيلها إلى المكان المحدد في جسم الإنسـان، وإطـلاق العقار بواسـطة نبضات كهربائيـة صغيـرة. وفي الغالـب تكون هذه الحبيبات الناقلـة للعقاقير مجهـزة كيميائياً بحيـث تلتصق بنوع معين مـن الخلايا دون غيرهـا - كأن تلتصـق فقـط بخلايا السـرطان - ومن ثـم تطلق العقـار الذي يقتـل الخلية المسـرطنة دون غيرها من الخلايا السـليمة. كذلـك يمكن إلصاق الحبيبـات بخلايا معينة، ممـا يتيـح الفرصة للقضـاء علـى الأمراض دون اللجـوء إلى اسـتخدام العقاقيـر. فمثلاً يمكـن اسـتخدام أشـعة الليزر لتسـخين



شكل (٦) آنية قديمة اكتشف بها حبيبات نانو.

الخلايا الملتصقة بحبيبات النانو فقط، مما يؤدي إلى إتلافها، وبالتالي إتلاف الخلايا السرطانية دون غيرها. كما يمكن استخدام الطريقة نفسها في القضاء على فيروس الإيدز؛ باستخدام حبيبات الفضة النانوية، وإذا ما تم ذلك؛ فإن القضاء على فيروس الإيدز يعد أمراً ممكناً.

و من التطبيقات الطبية التي تستحق الذكر، نجاح أحد العلماء في وضع حبيبات النانو المغناطيسية في الأذن لإعادة قدرة السمع فيها. ويعد هذا إنجازاً مبهراً، لفائدته العظيمة في مساعدة الكثير من الذين يعانون من ضعف السمع من البشر.

● التطبيقات الصناعية

تعد الصناعة مجال آخر مهم قد لا يدركه عامة الناس، وهو بدوره سيتأثر كثيراً بدخول تقنية النانو متمثلة بحبيبات النانو في تطبيقاته، ومن أهم التطبيقات مايلي :

❋ الصناعات البتروكيميائية : حيث تعد المحفزات الصناعية من أهم احتياجات هذه الصناعات. وتعد هذه مصادفة جميلة حيث إن من أبسط وأوضح التطبيقات لحبيبات النانو هي في هذا المجال بالتحديد. فالاكتشاف العام في هذا المجال هو أنه: كلما صغرت أحجام المادة المستخدمة في التفاعل كمادة محفزة؛ كلما زادت فعاليتها لزيادة سطح التلامس؛ وبالتالي فإنه من البديهي أن تكون حبيبات النانو فعالة جداً كمحفز كيميائي. وتتكون بعض حبيبات النانو من مواد رخيصة وآمنة تعمل كبديلة عن مواد عادة ما يتم استخدامها في المحفزات التقليدية، وهذه المواد إما أن تكون باهظة الثمن، أو سامة، أو كلاهما معاً، وباستخدام حبيبات النانو كبديل فإنه يمكن التخلص من هذه المشاكل.

❋ الاحتراق : حيث تم اكتشاف أن حبيبات النانو المكونه من البلاتينيوم تسبب احتراق الميثانول في درجة حرارة الغرفة، وهذا بلا شك سيفتح مجال جديد في أبحاث التفاعلات ذات درجات الحرارة المنخفضة.

❋ تقنية المياه : وتعد هذه التقنية مهمة في المناطق التي يصعب فيها إيجاد مصدر إضافي للمياه النقية، فإن تنقية المياه من الأملاح تعد صناعة مهمة ذات تكلفة عالية مكلفة. وقد لعبت حبيبات النانو دورها في هذا المجال ، حيث استطاع بعض الباحثين تكوين مرشحات مكونة من ثغرات نانوية مملوءة بحبيبات النانو التي تجذب جزيئات الماء دون غيرها من الجزيئات، والتي بدورها تنقي المياه من الأملاح. ولحبيبات النانو تطبيق آخر في تنقية المياه، حيث إن حبيبات أكسيد الخارصين النانوية تمتص مادة الزرنيخ (Arsenic) السامة من المياه. ولاتعمل هذه الخاصية إلا على حبيبات النانو حيث إن الكتل الكبيرة من أكسيد الخارصين لا تستطيع أن تمتص هذه المادة .

● تطبيقات النانو في الأمن

ومن التطبيقات التي لها علاقة بالأمن فقد تَمكّنْ فريق بحثي من تكوين حساسات تعتمد على حبيبات النانو في استشعار الموجات تحت الحمراء وتبلغ حساسيتها أكثر من عشرة أضعاف حساسيتها للموجات تحت الحمراء. كذلك اكتشف أن حبيبات النانو هي من أقوى المواد الماصة للصدمات، ومن المتوقع أن تستخدم في إنتاج المواد المضادة للرصاص.

الآثار الصحية لحبيبات النانو

تتصف الحبيبات النانوية بأنها ذات حجم صغير جداً، يسمح لها بالدخول إلى جسم الإنسان عن طريق الرئتين والأمعاء في الجهاز الهضمي، وكذلك عن طريق التغلغل داخل الجلد، ولكن بدرجة أقل، فقد تصل الحبيبات النانوية إلى طبقة الأدمة داخل الجلد. وتعتمد احتمالية دخول الحبيبات على حجم الحبيبة النانوية، وخصائص سطح الحبيبة، وكذلك على مكان دخولها إلى الجسم، ولكن بعد دخولها إلى الجسم؛ فإن انتشارها داخله يعتمد بشكل كبير على خصائص سطح الحبيبة النانوية، أو الذرات المغلفة لها. وقد وجد في بعض الدراسات الأولية أن حبيبات النانو قد تتسبب في إتلاف الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) مما يزيد احتمال الإصابة بسرطان الدم. كما أن حبيبات النانو قد تزيد احتمال انسداد الأوعية الدموية، وهي أيضا ضارة لخلايا الكبد، فضلا عن ذلك: فإن حبيبات النانو الفلزية تتسبب في إتلاف عمل الخلايا العصبية.

وعلى النقيض فإن فرقاً بحثية عديدة قد أثبتت علمياً أنه يوجد عدة طرق لاستخدام حبيبات النانو في علاج المخلفات الضارة الموجودة في الطبيعة اليوم، والتي تعتبر ملوثات لا يعرف سبيل لعلاجها. فبواسطة حبيبات النانو يمكن علاجها ومازال ذلك قيد الدراسة. كما أن حبيبات النانو قد استخدمت في اكتشاف الزئبق، والذي يعتبر مادة سامة. ويبدو أن حبيبات النانو قد تكون عوناً للحفاظ على صحة البشر، بدلا من أن تكون مصدر ضرر عليه.

ومن الجدير بالذكر أن دراسة المخاطر الصحية للحبيبات النانوية لا تزال في مراحلها المبكرة، ويصعب حتى الآن تحديد المخاطر الصحية المترتبة على استخدامها بدقة، خاصة إذا علمنا أن أضرار الحبيبات النانوية تختلف من مادة إلى أخرى، ولذلك فإن كل نوع من الحبيبات النانوية يحتاج للدراسة على حدة.

المراجع :

1. **J. Pérez, L. Bax and C. Escolano,** Roadmap Report on Nanoparticles, Willems & van den Wildenberg (W&W), November 2005.
2. **P. Holister, J. Weener and C. Vas, T.** Harper, Nanoparticles technology white papers, Cientifica, October 2003.
3. **David B. Waheit,** Nanoparticles health impacts?, materialstoday, February 2004.
4. **Maureen R. Gwinn and Val Vallyathan,** Nanoparticles: Health Effects?Pros and Cons, Environmental Health Perspectives, VOLUME 114, NUMBER 12, December 2006.
5. Ohio University. Gold Nanoparticles Emit Intense Heat. [updated 30 Mar 2006; cited 30 May 2007]. Available from http://news.research.ohiou.edu/news/index.php?item=272&page=126
6. University of Michigan Ann Arbor. Development of Nanothermometer Opens Door to New Class of Nanodevices.[updated 30 November 2005; cited 30 May 2007] Available from http://www.engin.umich.edu/news/nanothermometer/
7. Washington University in St. Louis. Nanoparticles can track cells deep within living organisms.[updated 26 March 2007; cited 30 May 2007] Available from http://mednews.wustl.edu/news/page/normal/9098.html
8. Nano tsunami . ApNano Particles Ultra-strong shock absorbing Material. [updated June 2005; cited 30 May 2007] Available from http://www.voyle.net/Nano20Products202005/Products202005-0075.htm
9. New Jersey Institute of Technology. NJIT Study Shows Nanoparticles Could Damage Plant life. [updated 22 November; cited 30 May 2007] Available from http://www.njit.edu/publicinfo/press_releases/release_797.php .



أنابيب الكربون النانوية (Carbon Nanotubes) عبارة عن: صفائح من الجرافيت، أو ذرات من الكربون مطوية على شكل أنابيب، يتراوح قطرها ما بين ١ إلى ٣ نانومتر ، ويتراوح طولها ما بين نصف مايكرون إلى عدة مليمترات، وبطريقة أخرى فإن طول الأنبوب إلى قطره قد يصل إلى أكثر من ألف ضعف ، ولهذا يمكن اعتبارها أحادية البعد نظراً لصغر قطرها مقارنة بطولها .

اكتشفت أنابيب الكربون النانوية – بالصدفة– بواسطة العالم الياباني **سوميو إيجيما (Sumio Ijima)** عام ١٩٩١م عندما كان يدرس الرماد الناتج عن عملية التفريغ الكهربائي بين قطبين من الكربون باستخدام مجهر عالي الكفاءة ، حيث وجد أن جزيئات الكربون تأخذ ترتيباً يشبه الأنابيب في داخل بعضها البعض.

وتعد أنابيب الكربون النانوية أحد أشهر أنواع الفلورين *(Fullerenes)*–جزيئات ضخمة من ذرات الكربون – التي تأتي على شكل كرات مجوفة أو مخروطية أو أنابيب أو أشكال أخرى بحسب طرق تصنيعها والظروف المحيطة.

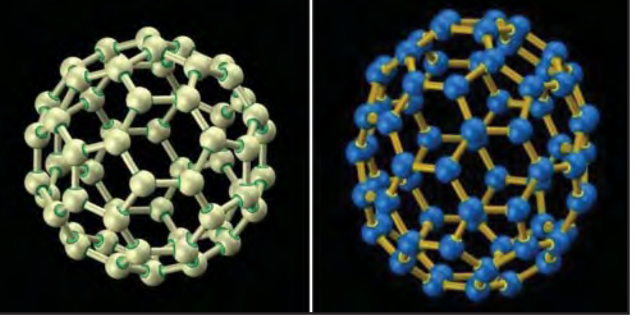
ولأنابيب الكربون النانوية أهمية كبيرة في العديد من التطبيقات وتختلف خصائصها الكهربائية والميكانيكية والضوئية تبعاً لطريقة واتجاه محور طي صفائح الجرافيت *(Chirality)* ، حيث من المكن أن تكون على شكل كرسي *(Armspchair)* في زاوية انحرافها ، أو ذات تذبذب متماثل *(Zigzag)*، أو لا انطباقية مرآوية *(Chiral)* ، وتبعاً لهذا التقسيم يمكن أن تكون ذات خصائص : فلزية *(Metallic)*، أو شبه فلزية *(Semimetallic)*، أو شبه موصلة *(Semiconducting)*.

أنواع أنابيب الكربون النانوية

تنقسم أنابيب الكربون النانوية إلى ما يلي:

● أنابيب أحادية الجدار

أنابيب الكربون النانوية أحادية الجدار *(Single Walled Nanotubes-SWNT)* عبارة عن أنابيب مكونة من طبقة واحدة من صفائح الجرافيت يصل قطرها الداخلي إلى ثلاثة نانومترات، مفتوحة من أحد طرفيها أو كليهما، وقد يوجد غطاء من ذرات الكربون على شكل فلورين نصف كروية يقفل أحد طرفيها.



● فلورين مكون من ٧٠ ذرة كربون (يمين) وآخر مكون من ٦٠ ذرة كربون (يسار).

● أنابيب متعددة الجدران

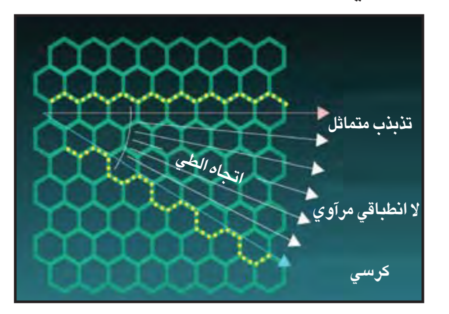
تتكون أنابيب الكربون النانوية متعددة الجدران *(Multi Walled Nanotubes -MWNT)* من أكثر من طبقة من الجرافيت ملفوفة بعضها على بعض، يصل قطرها الداخلي إلى أكثر من عشرة نانومترات.

خصائص أنابيب الكربون النانوية

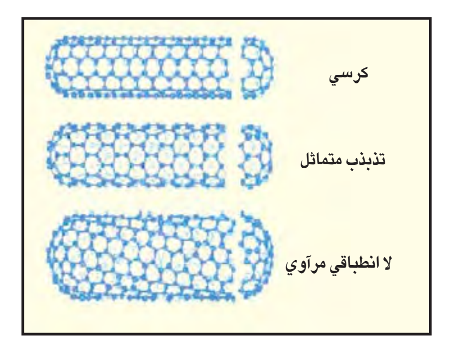
تعد أنابيب الكربون النانوية من المواد المميزة بسبب بساطة تركيبها وخواصها الكهربائية والميكانيكية والكيميائية المميزة.

● الخواص الكهربائية

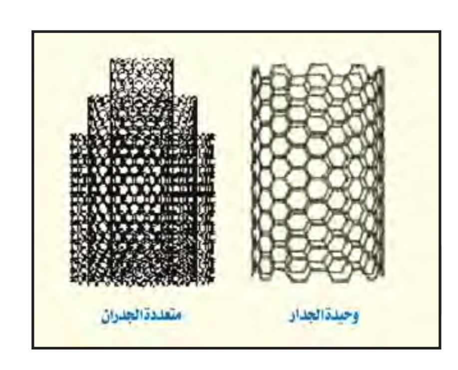
تعتمد الخواص الكهربائية لأنابيب الكربون النانوية على محور طي صفائح الجرافيت المكونة لها، وعلى قطر الأنبوب النانوي، وكذلك على نوع المواد المصنعة منها، والتي قد تكون ذات خصائص فلزية عالية التوصيلية ، أو شبه فلزية ، أو شبه موصلة. ومن الجدير بالذكر أن موجة الإلكترون الساكنة يمكن أن تتطور فقط إذا كان محيط الأنبوب أحد مضاعفات الطول الموجي للإلكترون. و مما يجعل أنابيب



● العلاقة بين محور طي الجرافيت وأنواع أنابيب الكربون النانوية المختلفة.



● أنواع أنابيب الكربون النانوية وفقاً لطريقة الطي.

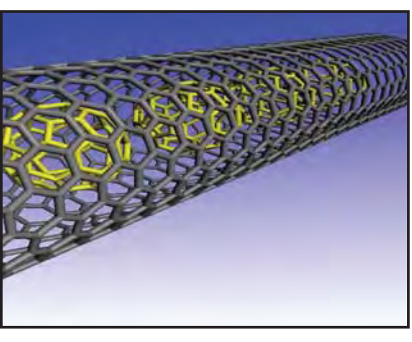


● الفرق بين الأنابيب وحيدة الجدار ومتعددة الجدران.

الكربون النانوية مناسبة جداً للتوصيلات الإلكترونية أن الإلكترونات تسير من خلالها بدون مقاومة تذكر – غير خاضعة لقانون أوم– حيث يتساوى عدد الإلكترونات الداخلة للأنبوب مع عدد الإلكترونات الخارجة منه، بغض النظر عن طول الأنبوب. ولتقريب الصورة أكثر، فإنه من المعلوم أن الألياف الضوئية ذات النمط الأحادي *(Single Mode Optical Fiber)* تنقل كمية كبيرة من البيانات على شكل فوتونات *(Photons)*، وفي المقابل تقوم أنابيب الكربون النانوية الخالية من الشوائب بالدور نفسه بالنسبة للإلكترونات.

● الخواص الميكانيكية

من الخواص الميكانيكية المميزة لأنابيب الكربون النانوية هو أن لها معامل صلابة (يونغ) عالي بامتداد محورها، وتعد مرنة إجمالاً، نتيجة لزيادة طولها مقارنة بقطرها، وقد قام علماء من جامعة إلينوي الأمريكية بصف مجموعة من أنابيب الكربون النانوية عمودياً على سطح بحيث تكون مثبتة من طرف، وحرة الحركة من الطرف الآخر، ثم استخدموا مجهر النفاذ الإلكتروني *(Transmission Electron Microscope -TEM)* لقياس الاهتزازات الحرارية للنهايات الحرة، فأثبتت النتائج أن لها معامل يونغ عالي جداً – يعادل(10^{12}) نيوتن لكل متر مربع – يعادل ٥ أضعاف صلابة الفولاذ. وبالإضافة لهذه القوة والصلابة تعد أنابيب الكربون النانوية خفيفة جداً مما يجعلها مناسبة لاستخدامها في المواد المركبة *(Composite Materials)* .



● سلسلة من كرات الباكي (Bucky balls C60).

● الخواص الكيميائية

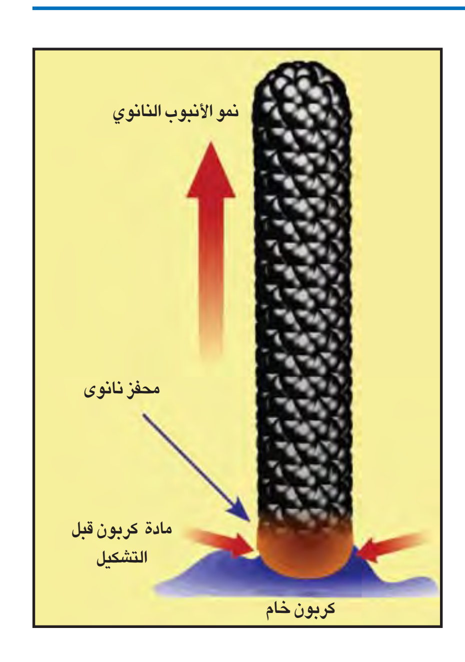
يعد التفاعل الكيميائي لأنابيب الكربون النانوية أفضل من تفاعل صفائح الجرافيت بسبب الانحناء في سطحها، أي أنه كلما صغر قطر الأنبوب النانوي كلما زاد التفاعل. كذلك يمكن توظيف أنابيب الكربون النانوية كيميائياً؛ لوظائف معينة عن طريق إضافة روابط كيميائية جديدة بين الأنبوب النانوي والمجموعة الوظيفية الجديدة عن طريق إزالة أحد أغطية الأنبوب الموجودة في نهايتها، ومن أمثلة ذلك: تم استخدام أنابيب الكربون النانوية بعد إضافة المجموعة الوظيفية كيميائياً في رؤوس المجاهر لتعمل كحساس كيميائي لبعض المواد. ومن الخصائص الكيميائية المميزة لأنابيب الكربون النانوية كذلك: أنه يمكن حشوها بغازات مثل الهيدروجين أو بسوائل أوجوامد مختلفة، وبسبب الشد العالي على سطحها فإنها لا تتأثر بما في داخلها مثل كرات الباكي *(Bucky balls C60)*.

إنتاج أنابيب الكربون النانوية

من أهم التقنيات المستخدمة في إنتاج أنابيب الكربون النانوية ما يلي:

● تفريغ القوس الكهربائي

يتم تصنيع أنابيب الكربون النانوية بطريقة تفريغ القوس الكهربائي *(Electric Arc Discharge)* باستخدام ذراع يكون بين جرافيت نقي، و قطب كهربائي في محيط خامل، ثم يبدأ الترسب بالتراكم على القطب السالب المتبخر من القطب الموجب، فتتكون الرواسب على شكل صدفات صغيرة وقاسية ومحشوة بمسحوق أسود



● أحد ميكانيكيات تكون أنابيب الكربون النانوية.

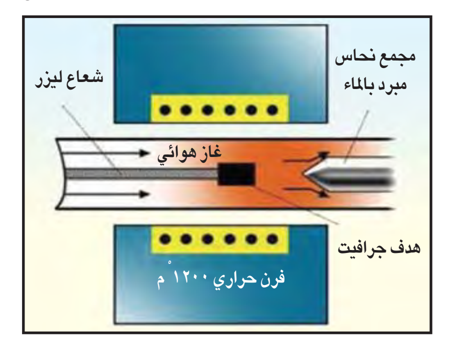
ناعم، يتكون من أنابيب الكربون النانوية وحبيبات نانوية. تستخدم هذه الطريقة لإنتاج أنابيب متعددة الجدران، وكذلك أنابيب أحادية الجدران عند إضافة محفز كيميائي إلى العملية.

● التبخير بأشعة الليزر

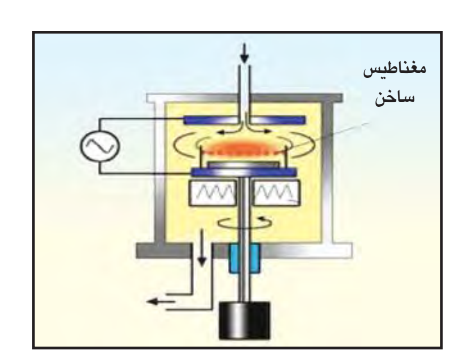
تتم عملية التبخير بأشعة الليزر *(Laser Vaporization)* بتسليطها على الجرافيت في وجود غاز خامل عند درجة حرارة ١٢٠٠م، حيث يمكن إنتاج أنابيب نانوية أحادية الجدران أومتعددة الجدارن؛ بتغيير نبضات وتردد الليزر المستخدم. وتتميز هذه الطريقة بأنها تنتج أنابيب ذات أقطار منتظمة.

● الترسيب بالتبخير الكيميائي

تستخدم طريقة الترسيب بالتبخير الكيميائي *(Chemical Vapor Deposition - CVD)* عن



● جهاز إنتاج أنابيب الكربون النانوية باستخدام التبخير بالليزر.



● جهاز الترسيب بالتبخير الكيميائي عن طريق البلازما.

طريق وضع مصدر كربوني في مرحلة الغاز، ثم استخدام مصدر طاقة مثل البلازما، أو حلزون ساخن لنقل الحرارة للكربون الذي ينمو على حبيبات تمثل محفزاً على القاعدة . وتوجد عدة طرق للترسيب بالتبخير الكيميائي منها :

* **الترسيب بالبلازما:** ويتم بواسطة فرن تفاعلي يعطي فرق جهد عالي التردد بين القطبين الكهربائيين، بحيث تكون القاعدة على القطب السفلي، وتزود الغازات التفاعلية من القطب المقابل، وبعد تكون حبيبات نانوية على سطح القاعدة تبدأ أنابيب الكربون النانوية بالنمو من هذه الحبيبات نتيجة التفريغ المتوهج بسبب فرق الجهد عالي التردد.

* **الترسيب بالتبخير الكيميائي الحراري (Thermal - CVD):** ويتم بترسيب الفلزات المحفزة على القاعدة، ومن ثم تآكلها في محلول حمض الفلور المخفف، ووضعها في فرن التفاعل. بعدها تبدأ حبيبات النانو المحفزة بالتكون بعد مزيد من التآكل للقاعدة باستخدام غاز النشادر *(NH_3)* عند درجة حرارة ٧٥٠ إلى ١٠٥٠مْ ، ثم تبدأ أنابيب الكربون النانوية بالنمو من هذه الحبيبات النانوية المحفزة. غالبا ما تكون الأنابيب النانوية الناتجة بهذه الطريقة متعددة الجدران، وذات قطر يتراوح ما بين ٣٠ إلى ٢٠٠ نانومتر.

● التنقية بعد التصنيع

من الطبيعي أن تحتوي أنابيب الكربون النانوية بعد التصنيع على بعض الشوائب مثل الجرافيت ، والكربون المشوه ، والفلزات المحفزة أو أجزاء صغيرة من الفلورين، التي تؤثر تأثيراً كبيراً على خصائصها المميزة، ولتنقية هذه الأنابيب من تلك الشوائب هناك عدة طرق من أشهرها :

* **الأكسدة القوية:** وهي تعتمد على عدة عوامل مثل: مدة الأكسدة ، ونوع المادة المؤكسدة ، والبيئة المحيطة ،ودرجة الحرارة وعلى الرغم من أن الأكسدة القوية تزيل أكثر الشوائب الموجودة في الأنبوب، إلا أنه يعاب عليها أن الأنبوب النانوي يتم أكسدته.

* **المعالجة بالأحماض:** وتستخدم في هذه الطريقة: أحماض الكلور *(HCl)* أو النيتروجين *(HNO_3)* أو أحماض أخرى ، حيث تقوم هذه الأحماض بإزالة الشوائب العالقة بالأنبوب التي من أهمها المحفزات الفلزية المستخدمة في التصنيع.

تطبيقات أنابيب الكربون النانوية

أحدثت أنابيب الكربون النانوية ثورة صناعية في عدة مجالات من أهمها:

● توصيل العقاقير

يمكن استخدام أنابيب الكربون النانوية في توصيل العقاقير ، حيث يمكن تقطيع أنبوب الكربون النانوي إلى قطع صغيرة باستخدام الموجات فوق السمعية في خليط من محاليل حمض النيتروجين وحمض الكبريت، فيكون الأنبوب النانوي مفتوحاً من الجهتين؛ ليتسنى حشوه بمواد مختلفة مثل: الإنزيمات، والبروتينات أوالحامض النووي منقوص الأكسجين *(DNA)*، أو أي نوع من العقاقير بحيث تحفظ خصائصها وتمنعها من التفاعل مع أجزاء الجسم السليم ، ثم يتم معالجة أطراف الأنبوب النانوي كيميائياً ليلتصق ويذوب في المكان المطلوب وصول العقار إليه.

● تخزين الطاقة

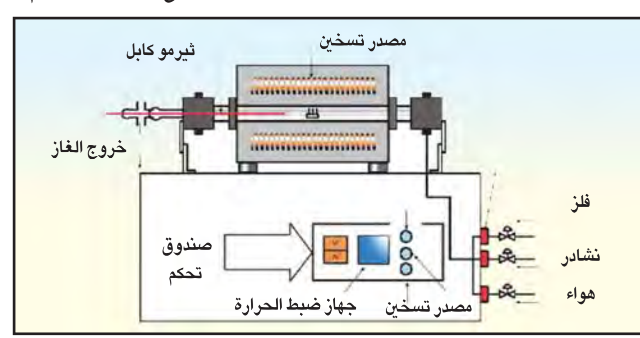
تستخدم أنابيب الكربون النانوية في خلايا الوقود *(Fuel cells)*، البطاريات، والتطبيقات الكهروكيميائية. ومما يجعل الأنابيب النانوية جيدة في حفظ الطاقة هو: أبعادها الصغيرة وتركيبة سطحها الناعم. تكمن قدرة أنابيب الكربون النانوية في تخزين غاز الهيدروجين (خلية وقود) وبطاريات الليثيوم، ففي حالة الهيدروجين يتم تخزينه على شكل سائل أو غاز في أنابيب الكربون النانوية عن طريق الظاهرة الشعرية، بسبب أنها على شكل أسطوانة مجوفة ذات أبعاد نانوية .

أما في حالة الليثيوم فإنه يمكن استخدام أنابيب الكربون النانوية بعد تقطيعها إلى قطع صغيرة في صناعة بطاريات ليثيوم تكون ذات طاقة تخزينية عالية ،وكذلك سريعة الشحن، وتدوم لفترة طويلة.

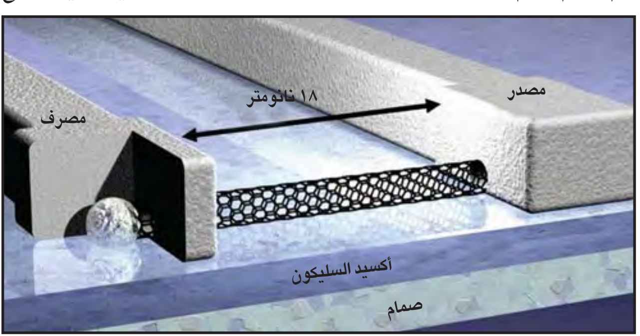
كما أن أنابيب الكربون النانوية لها أهمية كبرى في تحسين أداء المكثفات بشكل كبير بفضل زيادة مساحة سطح الأنابيب النانوية إلى حجمها.

● تطبيقات الإلكترونيات

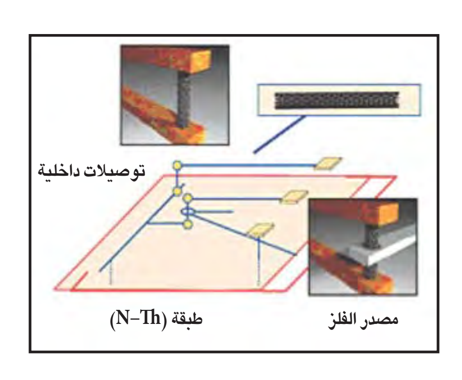
تستخدم أنابيب الكربون النانوية في أجهزة الانبعاث المجالي *(Field Emitting Devices)* وذلك لثباتها الجيد عند كثافات التيار العالية وتوصيليتها الممتازة وثباتها الكيميائي. ومن الجدير بالذكر أن شركة سامسونج الكورية قامت باستخدام مصفوفة من أنابيب الكربون النانوية تعمل على شكل قاذفة إلكترونات لتحسين أداء شاشات العرض البلورية وتقليل تكلفتها. كذلك تستخدم أنابيب الكربون النانوية في تصنيع ترانزستورات تأثير المفعول المجالي *(Field-Effect Transistor)* حيث يوضع



● جهاز الترسيب بالتبخير الكيميائي الحراري.



● تصنيع الترانزستور بواسطة أنابيب الكربون النانوية.



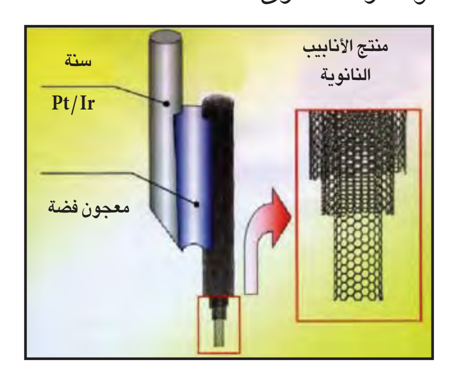
● طريقة استخدام أنابيب الكربون النانوية في التوصيل الداخلي للدوائر المتكاملة.

أنبوب الكربون النانوي بين المصدر *(Source)* والمصرف*(Drain)*. وعند تطبيق جهد على الصمام*(Gate)* فإن الأنبوب النانوي يتحول من موصل للإلكترونات إلى عازل .

كذلك يفتح تصنيع ترانزستورات من أنابيب الكربون النانوية المجال لتصنيع الدوائر المنطقية التي تشكل وحدة بناء الحاسوب ، وكذلك يمكن استخدام أنابيب الكربون النانوية في التوصيل في الدوائر الكهربائية عالية الدقة *(Very Large Scale Integration VLSI)*؛ وذلك لصغر حجمها وتوصيليتها العالية.

● المجسات النانوية والحساسات

بما أن أنابيب الكربون النانوية تمتاز بمرونتها وتوصيلها الكهربائي الجيد فإنه يمكن استخدامها في أجهزة المسح المجسي، مثل مجهر القوة الذرية *(Atomic Force Microscope- AFM)* حيث تستخدم كرأس مجسي بدلاً من السليكون أو الفلزات الأخرى.



● رسم يوضح استخدام أنابيب الكربون النانوية كرؤوس في مجهرالقوة الذرية.

ومن التطبيقات الأخرى لأنابيب الكربون النانوية استخدامها كملقاط ذي دقة عالية لتحريك الجسيمات النانوية. ويمكن استخدامها كذلك كحساسات كيميائية لالتقاط بعض الغازات مثل النشادر*(NH_3)*؛ وذلك عن طريق التقاط التغير في المقاومة الكهربائية . إضافة إلى ذلك يمكن استخدامها كحساسات للحمض النووي*(DNA)* داخل جسم الإنسان.

● المواد المركبة

تتمتع أنابيب الكربون النانوية بصلابة عالية، وعليه: فإن استخدامها في التطبيقات الإنشائية يعد مثالياً عند استخدامها كدعامة ذات قوة كبيرة ووزن منخفض في تركيب عالي الكفاية. ومما يميز أنابيب الكربون النانوية ويجعلها مناسبة لهذه التطبيقات مرونتها العالية، فعند استخدامها في مركبات البوليمرات *(Polymers Composites)* فإنها تعمل على امتصاص الضغط ولا تنكسر بسبب مرونتها ، إضافة الى أنها تمنح المركب بعض المزايا الإضافية مثل تحسين التوصيلية وخفة الوزن.

● تنقية المياه

يمكن صف أنابيب الكربون النانوية بشكل عمودي منتظم بجانب بعضها البعض لتشكل أغشية ذات مسامات تصل إلى ١ نانومتر ، مما يميزها عن جميع أنواع الأغشية الأخرى ، ويتم ملء الفراغات الصغيرة بين الأنابيب المصفوفة بمواد مثل الخزف *(Ceramic)* لتعطي الأغشية مزيداً من الثبات. فضلاً عن ذلك فإن أنابيب الكربون النانوية تمتاز بكبر مساحة السطح والنفاذية العالية والثبات الميكانيكي والحراري مما يجعلها قادرة على التنقية في زمن قصير وكفاءة عالية؛ لأنها تمنع أصغر الشوائب مثل البكتيريا والفيروسات والشوائب العضوية من المرور ، ممايجعلها تمتاز عن طرق التنقية الأخرى مثل التنقية بالتناضح العكسي،



● رسم تقريبي لكيفية صف أنابيب الكربون النانوية لتكوين أغشية التنقية.

إلا أن هناك تحدي (عائق) أمام هذه الطريقة يتمثل في ضرورة إنتاج كميات كبيرة من أنابيب الكربون النانوية بتكلفة معقولة، ويتوقع العلماء أن تكون هذه التقنية متوفرة للاستخدام في مدة لا تزيد عن خمس سنوات.

المراجع:

1- **Mark A. Reed and Takhee Lee,** *Molecular Nanoelectronics, Stevenson Ranch, American Scientific publishers, 2003.*

2- **Hari Singh Nalwa,** *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Stevenson Ranch, American Scientific publishers, 2003.*

3- **Kurt E. Geckeler and Edward Rosenberg,** *Functional Nanomaterials, Stevenson Ranch, American Scientific publishers, 2003.*

4- **Susan B. Sinnott and Rodney Andrews,** *Carbon Nanotubes: Synthesis, Properties and Applications, Critical Reviews in Solid state and Materials Sciences, 26(3): 145-249 (2001).*

5- **M. Daenen, R.D de Fouw, B. Hamers, P.G.A Janssen, K.Schouteden and M.A.J Veld,** *The Wondrous World of Carbon Nanotubes, Eindhoven University of technology, Feb 2003.*



النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة

د. رغيد محمد عطا
د. يوسف محمد اليوسف



النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة (Micro Electro Mechanical systems - MEMs) هي نظم مصغرة متكاملة يتفاوت حجمها من أقل من الميكرومتر إلى المليمتر، وقد يحتوي النظام الواحد المتكامل على عدد كبير من المكونات الكهربائية والميكانيكية يصل الى عدة ملايين.

أضاف النظام الإلكتروميكانيكي الدقيق تقنيات جديدة إلى صناعة الدوائر المتكاملة بإدخال العنصر الميكانيكي إليها - يشمل التروس والأغشية الرقيقة والصمامات وغيرها - وبذلك أضحت لها تطبيقات إلكترونية دقيقة عديدة مثل: المحرك الدقيق، والمضخات الدقيقة، والمشغل الآلي الدقيق، والماسح الضوئي الدقيق، وبخاخات الأحبار للطابعات، بالإضافة إلى المجسات الدقيقة التي تدخل تطبيقاتها في معظم أمور حياتنا اليومية، مثل: قياس الضغط والضوء والحرارة والسرعة وغيرها. كما أن مقدرة هذاالنظام على الاستشعار والتحكم بتشغيل عمليات ميكانيكية على مستوى الميكرومتر جعلته يستطيع العمل قائماً بذاته أو ضمن مجموعة متناسقة للحصول على تأثير أكبر بمقياس شديد الصغر والدقة مما يمكن من تصنيع مصفوفات كبيرة منه لتؤدي عمليات بسيطة حين تعمل بمفردها، بينما تضطلع بأداء عمليات شديدة التعقيد إذا ما تم الترابط فيما بينها.

ولا ينحصر النظام الإلكتروميكانيكي الدقيق فقط في تطبيق بعينه أو جهاز بذاته، ولا يمكن قصره على طريقة واحدة للتصنيع أو على مواد محددة، بل يمتد ليشمل كل طرق التصنيع المتبعة في الحصول على الأجهزة الدقيقة، بما فيها من مميزات عديدة، من تنوع اختيار مواد التصنيع التي تستفيد منها الإلكترونيات الدقيقة إلى تصميم وتحليل النظم الدقيقة المتكاملة.

لقد تشعبت الأبحاث في هذا المجال على المستوى العالمي، حتى أنه في سنة ٢٠٠٢م وصلت ميزانية الأبحاث في هذا المجال إلى ٣٤ مليار دولار، مع معدل نمو يتراوح مابين ١٠ إلى ٢٠٪ سنوياً. ونظراً للأهمية القصوى الذي يحتلها النظام الإلكتروميكانيكي الدقيق على المستوى التجاري والعسكري ونظم الدفاع العالمية، فقد اهتمت الصناعة العالمية والحكومات بتنميته اهتماماً كبيراً.

دفعت التقنيات الحديثة في علم الدوائر المتكاملة مثيلتها في علم النظم الكهروميكانيكية الدقيقة؛ إلى تصنيعها في منظومة واحدة لتشمل دوائر التغذية، والتحكم، ومعالجة الإشارات الإلكترونية، مما يساعد على تحسين أداء النظم المتكاملة، وتخفيض تكاليف التصنيع والتغليف.

بدأ مصطلح الميكنة الدقيقة (Micromachining) في الظهور عام ١٩٨٢م تقريبا، وهو يصف تصنيع الأجزاء الميكانيكية الدقيقة مثل: أغشية مستشعرات الضغط، أو مستشعرات التسارع المصنعة من رقائق السليكون.

بدأ تصنيع الأجزاء الكهروميكانيكية عن طريق: إزالة أجزاء من رقائق السليكون للحصول على الشكل المطلوب، حيث يمكن إزالة السليكون بطرق كثيرة، منها الإزالة المتناسقة من جميع الجهات والتي بدأت في أوائل الستينات لغرض تصنيع الترانزستور، ثم تطورت لاحقاً، حيث ظهرت عام ١٩٦٧م طريقة الإزالة والتآكل غير المتناسقة والمحددة في اتجاه معين. ثم تتابعت التطورات في طرق الإزالة المحددة والتي تمتاز بالدقة عند أبعاد محددة، لتوفير المزيد من المرونة في عمليات التصنيع.

تشكل هذه التقنيات الأساس لمعظم تقنيات الميكنة الدقيقة، والتي تتعلق بتثبيت وإزالة جزء من رقائق السليكون للحصول على التصميم المطلوب لتلك الرقائق. وعلى الرغم من أن طريقة الميكنة الدقيقة كانت الصفة المميزة لتصنيع العناصر الميكانيكية الدقيقة، إلا أن الحاجة إلى المرونة في تصميم العناصر الميكانيكية الدقيقة وتحسين أدائها كان الدافع وراء تطوير مفاهيم وتقنيات جديدة لتصنيعها.

تقنيات التصنيع الدقيقة

توفِّر تقنيات التصنيع الدقيقة وسائل

فعالة لتجهيز وتصغير النظم الآلية لأبعاد لا يمكن الوصول إليها بالطرق التقليدية. علاوة على ذلك تعطي تقنيات التصنيع الدقيقة الفرصة للاندماج مع النظم الميكانيكية الإلكترونية لتطوير الأداء الرفيع والتحكم في النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة المغلقة، ويمكن توضيح ذلك فيما يلي:–

● **تصنيع الدوائر المتكاملة:**

يعد تصنيع الدوائر المتكاملة، أو الإلكترونيات الدقيقة المقوم الأساس لتطوير تقنية النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة. وتتلخص الخطوات الأساسية في تصنيع الدوائر المتكاملة فيمايلي:–

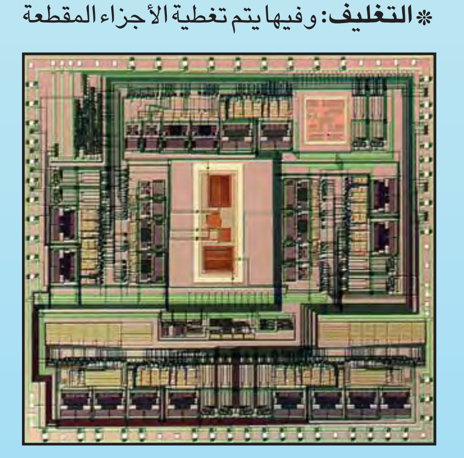
* **ترسيب الطبقات الرقيقة:** وفيها يتم تغطية رقائق السليكون المصقولة بطبقة رقيقة – أو عدة طبقات – من المواد المترسبة مثل: السليكون، أكسيد السليكون، نيتريد السليكون، أوالفلزات بأنواعها ،لاستخدامها في تكوين الطبقات النشطة وغير النشطة، وكذلك التوصيلات بين الطبقات.

* **التطعيم بالشوائب الإلكترونية:** ويهدف إلى تعديل خصائص الطبقات، وذلك عن طريق التحكم في إضافة كمية قليلة من الشوائب الإلكترونية، عن طريق التحفيز الحراري أو زرع الأيونات.

* **الحفر والتآكل:** وهي عملية إزالة الجزء غير المطلوب من المادة في مناطق محددة من الطبقة المترسبة، أو حتى من شرائح السليكون، لتحديد معالم الدوائر.

* **التقطيع:** ويتم فيه تقطيع ونشر رقائق السليكون إلى مربعات صغيرة، حيث تمثل كل قطعة منها دائرة إلكترونية متكاملة.

* **التغليف:** وفيها يتم تغطية الأجزاء المقطعة



● منظومة إلكتروميكانيكية دقيقة.

في عملية تشمل توصيل العنصر الجاهز بأسلاك رقيقة، ثم حمايتها بطبقة بلاستيكية. أما في حالة النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة فإن التغليف يختلف بحسب التطبيق، حيث إن بعضها يحتاج إلى مداخل تصل بين مكونات النظام المتكامل.

● **التشكيل التحتي الدقيق وإدماج الرقائق**

يعد التشكيل التحتي الدقيق امتداداً لتقنيات الدوائر المتكاملة،في تصنيع أشكال ذات أبعاد ثلاثية، ويستخدم فيها كل من طريقة التآكل بالمحاليل، وطريقة التآكل الجاف بمساعدة أقنعة وطبقات مساعدة لحفر الأجزاء الميكانيكية وعزلها عن رقائق السليكون ومن أهم العوامل التي ساعدت في انتشار طريقة التشكيل التحتي الدقيق مايلي:

١ـ التآكل الموجه لمادة السليكون باستخدام محاليل مثل: هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH)، والهيدرازين (N_2H_4) ، حيث تسبب هذ المحاليل– عادة – التآكل لمادة السليكون في الاتجاه الموازي لجزيئاته.

تكمن عيوب هذه الطريقة في: أن الأبعاد الدقيقة تحدد باتجاه جزيئات المادة المراد تصنيعها، ومن ثم؛ فإنه من الصعوبة بمكان الوصول إلى أشكال هندسية معينة ذات أبعاد ثلاثية.

٢ـ استخدام الأقنعة والطبقات المؤقتة لإيقاف التآكل،وفيها تتم عملية تآكل محدودة لمادة السليكون، ومنع بقية الأجزاء من التآكل. ويستخدم في إتمامها ـ عادة ـ طبقات من أكسيد السليكون ونيتريد السليكون، وبعض الطبقات الرقيقة من الفلزات، مثل: الذهب ، والكروم.

وهناك طريقتان جديدتان أضافتا لتقنية التشغيل التحتي الدقيق أبعاداً جديدة، وهما: التآكل الاتجاهي العميق الجاف، والتصاق الشرائح التراكمي.

● **التشكيل السطحي الدقيق**

يستخدم التشكيل السطحي الدقيق في تصنيع العناصر ذات الطبيعة المعقدة المتكاملة، والتي لا يمكن تصنيعها بطرق التشكيل والحفر العادية، ولذلك تستخدم هذه الطريقة في تكوين أجزاء محددة من العناصر. تستخدم ـ عادة ـ شرائح سليكونية كداعم لبناء عدة طبقات فوقها ذات ثلاثة أبعاد، ويتم ذلك باستخدام طرق التحليل الكيميائي لبعض الطبقات السطحية التي تعمل كقناع لتجهيز الطبقة المراد تكوينها، ثم يتم إزالة الطبقة السطحية بعد ذلك. ويعد ثاني أكسيد السليكون من أشهر المواد التي تستخدم في تكوين الطبقات السطحية، بينما يستخدم السليكون كمادة بنائية.

أما على مستوى صناعة الإلكترونيات الدقيقة فتتكون المواد المستخدمة من طبقات رقيقة من السليكون، ونيتريد السليكون، وثاني أكسيد السليكون حيث يتم ترسيبها بطرق خاصة. وبما أن عملية الترسيب المتعارف عليها ليست دائماً هي الأمثل؛ لكثرة تُكَوِّن طبقات رقيقة تحتوي على إجهاد داخلي ـ مما يؤدي إلى تمزيق الطبقة ـ عليه يمكن التحكم في الإجهاد الداخلي والتخلص منه بواسطة تعديل عملية ترسيب الطبقات.

كما أن تطعيم الطبقة الرقيقة المترسبة ببعض من ذرات البورون أو الفسفور أو الزرنيج تعد أحد الطرق لتلافي الإجهاد الداخلي، لكن في الوقت نفسه تبدأ مقاومة شرائح السليكون المطعمة بهذه الشوائب في الانخفاض، ومن ثم يزداد معامل توصيلها.

كما أن هناك مشكلة أخرى تعترض طريقه تطعيم السليكون، وهي أن حمض الفلور (HF) الذي يستخدم كمادة لتحرير أجزاء المكونات الميكانيكية الرقيقة يخشِّن سطح السليكون، مما يجعل الخواص الميكانيكية للسطح الخشن تختلف عن خواص نظيره الناعم، لذلك يجب أن يؤخذ مقدار خشونة سطح السليكون في الاعتبار أثناء تصنيع الأجزاء الميكانيكية للأجهزة الدقيقة.

أيضاً هناك طريقة أفضل للتحكم في الإجهاد الداخلي في السليكون عن طريق التقسية (التسخين المفاجئ)، والتي ينتج عنها عادة توزيع الإجهاد، والحصول على مادة متناسقة الجزيئات. ويتم ذلك برفع درجة حرارة المادة تصاعدياً وفي زمن قصير، مما ينتج عنه مادة بدون إجهاد، ثم يتم بعد ذلك إضافة العناصر الإلكترونية في طبقات السليكون من خلال التطعيم بالشوائب الإلكترونية، مما يحول دون تأثير حمض الفلور على الخواص الميكانيكية للمنتج النهائي.

هناك عدة عوامل تساعد في التحكم في

إجهاد طبقة السليكون منها :
١- التحكم في درجة الحرارة التي يتم عندها ترسيب الطبقات.
٢- نسبة طبقة نيتريد السليكون الى السليكون.
٣ - التسخين المفاجئ بعد الترسيب لدرجات حرارة عالية .

ونظراً لصعوبة التحكم الدقيق في إجهاد طبقة ثاني أكسيد السليكون فإنها لا تستخدم عادة كمادة ميكانيكية، ولكنها تستخدم كمادة عازلة بين الطبقات الإلكترونية، أو كطبقة مؤقتة تحت السليكون.

● القوالب المصغرة

يتم تصنيع المكونات الميكانيكية الدقيقة – في هذه الطريقة – بمساعدة قوالب لتحديد أماكن ترسيب الطبقات المكونة للشكل الميكانيكي، وبعد أن تتم عملية الترسيب فوق القالب يتم إزالة القالب عن طريق التآكل لمادته، وذلك بوضعها في محلول كيميائي شريطة ألا يؤثر هذا المحلول على مادة الطبقات المترسبة. وتعتبر عملية الليجا(LIGA) – اختصاراً لكلمات ألمانية تعني التصوير الضوئي، والترسيب الكهربائي، والقولبة ـ من أوضح الأمثلة على استخدام نظام القوالب في تصنيع العناصر الكهروميكانيكية.

تستخدم هذه العملية في تصنيع مكونات ميكانيكية دقيقة ذات أبعاد ثلاثية، حيث يكون سمكها كبيراً مقارنة بعرضها. ويتم ذلك باستخدام مواد أساسية مختلفة مثل: الفلزات، والبوليمرات ، والخزف، والزجاج. كما تستخدم أيضاً البوليمرات الحساسة للضوء في تصنيع القوالب المستخدمة في الترسيب الكهربائي بطريقة مشابهة تماماً لعملية التصوير الضوئي، غير أن البوليمر الحساس له خواص سالبة للضوء.

التطبيقـــــــــــات

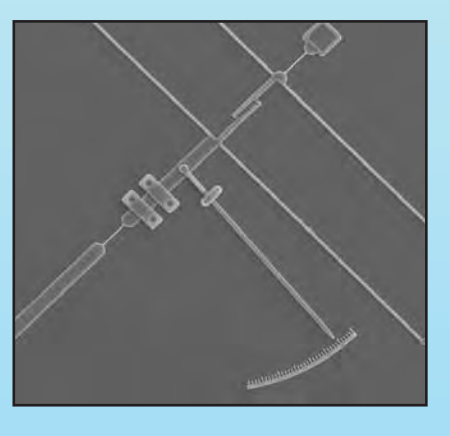
تتعدد تطبيقات النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة؛ لتشمل كل أمور الحياة المختلفة ،وتبرز التطبيقات الطبية وآلات الحركة والمضخات والمجسات والعدادات المصغرة في مقدمتها، حيث ظهرت في الأسواق أجهزة تحتوي على النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة، وانتشرت في سوق صناعة السيارات والطائرات وسفن الفضاء والتطبيقات العسكرية، والتي لا تهمها التكلفة بقدرما تهمها الكفاءة، وصغر الحجم، وخفة الوزن. الجدير بالذكر استخدام النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة في مجال المجسات يتسم بالسعة ليشمل تطبيقات عدة تتعامل مع الأجهزة غير الميكانيكية كأحبار آلات الطباعة، والسيارات، والمختبرات الطبية، مما يفتح الباب أمام مجالات أخرى عديدة، لكن تبقى محددات التكلفة عائقاً أمام الاستثمار المفتوح في هذا المجال الحيوي.

ومن أمثلة المجالات التي تستخدم فيها تقنيات النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة ما يلي:

● حساسات الضغط

تستخدم حساسات الضغط الدقيقة النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة، والتي تتكون – عادة – من غشاء رقيق مرن له خاصية الانبعاج في حالة وجود فرق ضغط بين جانبي سطحه. ويمكن تحويل الانبعاج في السطح إلى أشارة كهربائية تظهر على الحساس، ويمكن استخدامه لقياس الضغط الجوي المطلق داخل محرك السيارات، وبالتالي حساب كمية الوقود المطلوبة لكل أسطوانة من أسطوانات المحرك.

يمكن في هذا المثال: استخدام رقيقة من مادة ذات صفات انضغاطية (Piezo) ـ مادة تغير مقاومتها الكهربائية مع التغير في حجمها ـ تثبت على أركان شريحة سليكون مكونة الغشاء الحساس للضغط، ثم تلصق فوق قاعدة زجاجية بحيث يتم تعريض سطح الغشاء إلى الجهة المراد قياس ضغطها، ومن ثم فإن أي تغيير في الضغط سوف يدفع الغشاء الرقيق إلى الداخل، وهذا بدوره سيؤثر على مقاومة المادة الانضغاطية نتيجة لتغير حجمها، حيث يمكن قياسها عن طريق عناصر إلكترونية متكاملة معها في الشريحة نفسها ، ومنها يظهر تغيير الجهد الكهربائي على حساس الضغط.



● شكل (١) نظام إلكتروميكانيكي دقيق لقياس الانحراف.

● مقياس العجلة

مقياس العجلة عبارة عن حساس لقياس معدل التغير في السرعة، وهو يتكون من كتلة موصلة بزنبرك، تتحرك من موضعها الأصلي عند تحريك الجسم المتصل بها. ويتم تحويل هذا الانحراف في الكتلة إلى إشارة كهربية فتظهر بشكل رقمي على تدريج الحساس كدلالة على مقدار التغير في السرعة .

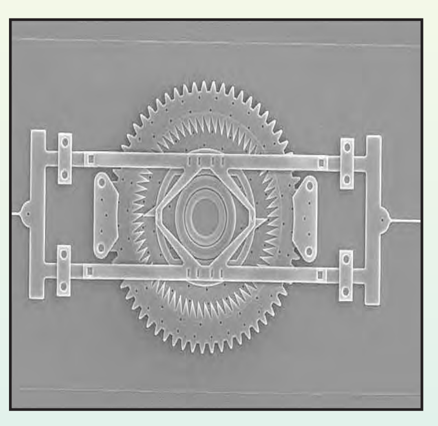
تعد تطبيقات النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة في مجال أجهزة قياس العجلة جديدة نسبياً. وقد استخدم أحد أنماط هذا التطبيق عام ٢٠٠١م، ويتكون هذا النمط من قطعة من مادة انضغاطية مع مادة أكسيد الخارصين (ZnO) كمادة فعالة.

تستخدم عدة تقنيات لتصنيع مثل هذا الحساس تتمثل أحداها في ترسيب طبقة سطحية رقيقة من أكسيد السليكون على السليكون، مع إضافة طبقة من مادة انضغاطية فوق سطح السليكون .

● حساسات العزم

يستخدم هذا النوع من الحساسات كجزء من حساسات العجلة، وهو من أكثر الحساسات الدقيقة استخداماً في الحياة العملية ، كما أنه عامل أساس في حساسات حقائب الهواء (Air bags) المستخدمة في السيارات، وكذلك مع حساسات الانحناء وامتصاص الصدمات . لكن هناك معوقات كثيرة تحد من استخدام هذا النوع من الحساسات، منها: الحاجة إلى تجميعها وضبطها في منظومة ثلاثية الأبعاد، ودقة الضبط، وعدم وجود نظام متكامل يجمع بين هذه الحساسات والدوائر الإلكترونية الدقيقة،بالإضافة إلى حساسيتها المنخفضة نسبياً.

ولتلافي مثل هذه المشكلات: فقد تم تصميم وتنفيذ مقياس للسرعة مع منظم للعزم ذي أبعاد ثلاثية، حيث استخدم فيه التكامل مابين النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة وتقنية الترانزستورات (CMOS) كما هو موضح بشكل(١).



● شكل(٢) محرك الكتروني ميكانيكي دقيق.



● شكل(٣) صندوق تروس يتكون من ستة تروس متشابكة.

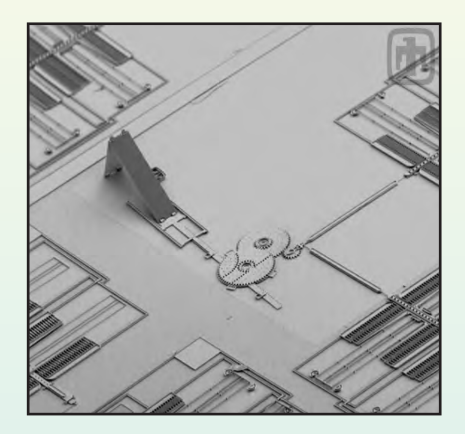
● المحرك الدقيق

تشتمل طريقة تصنيع المحرك الدقيق على ثلاثة أجزاء متحركة من السليكون يفصل بينها طبقة من أكسيد السليكون بالإضافة إلى جزء ثابت، كما هو موضح بشكل (٢)، وقد أمكن تشغيل هذا المحرك باستخدام صندوق تروس صغير على سرعة تناهز ثلاثمائة ألف لفة في الدقيقة، كما هو موضح بشكل(٣). يستخدم المحرك الدقيق في القفل الإلكتروني الدقيق ، أو تحريك المرايا الدقيقة على مستويات مختلفة وغيرها.

● تطبيقات أخرى

فتحت التقنية التكاملية للنظم الإلكترونية الميكانيكية الدقيقة، مع الدوائر الإلكترونية الدقيقة الباب لتصنيع بعض التجهيزات، منها:

* **صندوق التروس الصغير:** ويتم استخدامها بأحجام مختلفة، تتشابك مع بعضها لنقل الحركة. كما ظهر حديثاً استخدام نظام النجوم الدقيقة للتوصيل الإلكتروني الضوئي للاستفادة منه في الاتصالات التي تحتاج إلى استخدام المفاتيح



● شكل(٤) مرآة مصنوعة من السليكون مع مشغل ميكانيكي.

الضوئية والمازج والمؤلف والإشارات بين شبكات الاتصالات.

يتم استقبال المعلومات الضوئية في تلك النظم كفوتونات ضوئية ، ولكن حتى الآن تتم معظم أنظمة الفتح والغلق والتوصيلات الداخلية عن طريق الإلكترونيات، والتي تحتاج إلى عمليات مكلفة ومحددة في ترددها؛ لتحويل الإشارة الضوئية إلى إشارة إلكترونية، ثم العكس عند كل وصلة من الشبكة.

* **نظام النجم المصغر:** ويتكون من ٢٥٦ مرآة، قطر الواحدة ٠,٥ مم، يفصل بينها ١مم، وتحتل مساحة أقل من ١ بوصة مربعة من السليكون. ترتكز كل مرآة على قاعدة بحيث تتأثر بتردد واحد فقط ويمكن لكل مرآة أن تميل على حدة ، لكي تعكس الإشارة على ألياف من الداخل أو الخارج، والتي يصل عددها إلى ٢٥٦ من الألياف الضوئية، كما هو موضح بشكل (٤). تتكون مجموعات المرايا من مرايا مجمعة بنفسها، يوجد حول كل منها إطار يرتفع عن سطح السليكون بشكل يسمح للمرآه بالحركة.

مستقبل النظم

تضم كل من التقنيات المذكورة في طياتها مجموعات مختلفة من التطورات وأساليب التصنيع، ومن ثم يجب على شركات تصنيع النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة الكبيرة أن تختار أفضل المجالات للاستثمار فيها.

يمكن لتقنيات النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة أن تؤثر على الحياة اليومية كما فعلت أجهزة الحاسبات، وبما أن المواد المستخدمة في تقنيات النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة مازالت في أطوارها الأولى، فإن فهم ودراسة المواد المتوفرة حالياً في صناعة النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة يلعب دوراً رئيسياً يناظر الدور الذي تلعبه تقنية اكتشاف مواد جديدة.

يحمل مستقبل تطبيقات النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة الكثير من الآمال التي ستساعد بإذن الله على بناء القدرات الهائلة المنتظرة للتكامل مابين الإلكترونيات والميكانيكا، والعمل المستمر لتسخير الظواهر الفيزيائية.

المراجع:

[1] Micromachine Devices, European Study Sees MEMS Market at More Than $34 billion by 02, May 1997, p. 1.

[2] Micromachine Devices I(2) (1996)

[3] M. Mehregany and S. Roy, Introduction to MEMS, 2000, Microengineering Aerospace Systems, El Segundo, CA, Aerospace Press, AIAA, Inc., 1999.

[4] **H. C. Nathanson and R. A. Wickstrom,** A resonant-gate silicon surface transistor with high Q bandpass properties Applied Physics Letters 7, 84 (1965)

[5]http://www.sandia.gov/mems/micromachine/overview.html. Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico 87185.

[6]http://mems.engr.wisc.edu/polysilicon.html. University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

[7] **Sekioto, Yoshihara, and Ohkubo,** Silicon nitride single layer X-ray mask, Journal of Vacuum Science and Technology, 21(4), Nov./Dec., 1982, pp. 1017-1021.

[8] **Don L. DeVoe and Albert P. Pisano,** Surface micromachined piezoelectric accelerometers (PiXLs), Journal of Microelectromechanical Systems, vol. 10, no. 2, June 2001, pp. 180-186).

[9] **R. Nasby, J. Sniegowski, J. Smith, S. Montague, C. Barron, W. Eaton, P. Mc Whorter, D. Hetherington, C. Apblett, and J. Fleming,** Application of chemical-mechanical polishing to planarization of surface-micromachined devices, Proc. Solid-State Sensor and Actuator Workshop, pp. 48-53, 1996.

[10] J. Sniegowski, Multi-level polysilicon surface micromachining technology: Applications and issues, ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 1996.

[11] **David Bishop, Randy Giles, and Charles Roxlo,** Micromirrors relieve communications bottlenecks, Photonics Spectra, vol. 34, no. 3, Mar. 2000, pp. 167-169.

[12] **James H. Smith and Steven T. Walsh,** Selecting a process paradigm for an emergent disruptive technology: Evidence from the emerging microsystems technology base, 1997.



بلورات ثاني أُكسيد التيتانيوم النانوية

د. مها محمد عمر خياط

يعرف ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) باسم تيتانيا، ويسمى بالتيتانيوم الأبيض أو اللون الأبيض عند استخدامه في الصبغ والتلوين، وهو عبارة عن معدن ذي لون رمادي، يوجد في القشرة الأرضية، منتشراً في طبقاتها منذ أن خلق الله الأرض، كما يوجد في الهواء والماء بنسب مختلفة، إضافة إلى وجوده في النباتات التي نتغذى عليها.

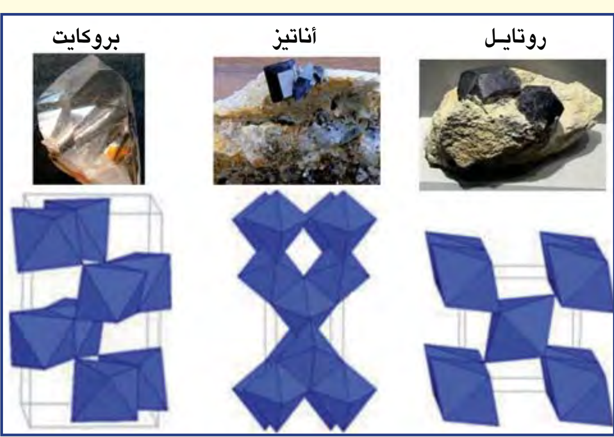
يوجد ثاني أكسيد التيتانيوم في الطبيعة في الأشكال التالية:

١ـ روتايل (Rutile): وهـو عبارة عن معدن أبيض بلوري رباعـي الأوجـه (Tetragonal)، موشـوري الشـكل (Prismatic) يمثـل أكثر صـور ثاني أكسـيد التيتانيوم انتشـاراً في الطبيعـة بصـورة غيـر نقيـة، ويوجـد على صورة أكسـيد مـع معـادن أخـرى، مثـل: الكوارتـز، والتورماليـــن، والهيماتـــايت، والأكاسـيد، والسـليكات الأخـرى، ممـا يكسـبه ألواناً عديدة مثل: الأحمر، والأزرق، والأصفـر، والبني، والأحمر، والبنفسـجي. وتعـد صـورة الروتايل أنقى صور أكسـيد التيتانيوم ، وتوجد في رمال البحر.

٢ـ أناتيـز (Anatase): وهـو عبـارة عـن معدن بلـوري ثمانـي الأوجـه (Octagonal) يشـتـــرك مع الروتايل فـي العديد مـن الصفــات، مثــل: الكثافـة، والقســـاوة، واللمعـان، بينما يختلف عنه في الشكل البلوري. ويعـد الأقـل وجـوداً فـي الطبيعـة، إذ يوجـد كأحد شـوائب الروتايل والبروكايت والكوارتـز والمايكا وغيرها من الأكاسيد والسليكات، حيث يختلـف لونـه ـ بني، أسـود، أصفر، أزرق ـ باختلاف المعدن الذي يصاحبه.

٣ـ بروكايـت (Brookite): وهـو عبـارة عـن معـدن بلوري ذي شـكل معينـي (Orthorhombic)، يندر وجـوده فـي الطبيعـة، وإذا وجد فإنه يكـون مصاحبـاً للأكاسـيد والسـليكات، مثـل: الأناتيـز، والروتايـل، والكوارتـز، والهيماتيـت، والفلسـبار، ويتراوح لونه من البني إلى الأسود المخضر.

٤ـ ثانـي أكسـيد التيتانيـوم ـ ب (TiO_2-B): وهـو معـدن أبيـض ، أحـادي الميـل، ينـدر وجـوده فـي الطبيعـــة، وإذا وجـــد فإنـــه يكـون مصاحبـاً للأكاسـيد والسليكـات.



● صور وأشكال بلورية لثاني أكسيد التيتانيوم.

عُـرف ثاني أكسـيد التيتانيـوم منـذ زمـن بعيـد، حيـث اسـتخـدم ـ بكثـرة ـ كمبيـض فـي تطبيقـات مختلفـة، وقـد تم مؤخراً ـ باستخدام تقنيات مختلفـة ـ تصنيع بلـورات نانويـة لثاني أكسـيد التيتانيـوم علـى هيئـة شـريحـة رقيقـة (Film)، يتم التحكـم في حجمهـا بتغييـر عـدد مـن المتغيـرات خـلال عملية التحضير، حيث تـزداد المسـاحة السـطحيـة لفيلـم ثانـي أكسـيد التيتانيـوم بتصغيـر حجـم البلـورة النانويـة، وتبعـاً لذلـك تـزداد صلابـة الشـريحـة. وتقـاس صلابـة الفيلـم باسـتخـدام **اختبـار فيكـر (Vickers Hardness)**. ولا شـك أن زيادة المسـاحة السـطحية و زيادة الصلابة تمثـلان ميزتان تجعـلان الفيلـم المكون من بلورات ثاني أكسـيد التيتانيوم أكثر ملائمة لتطبيقـات حديثـة، أهمها تصنيـع النبائط النانو إلكترونيـة.

تحضير ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي

هنـاك طـرق عديدة لتحضير بلـورات ثانـي أكسـيد التيتانيـوم النانويـة، وهـي كالتالي:

● **تقنية المحلول ـ هلام**

بـدأ اسـتخدام تقنيـة المحلـول ـ هـلام (sol-gel) في الخمسينيات من القرن الماضي؛ لإنتاج ثاني أكسيد اليورانيوم (UO_2). وثاني أكسـيد الثوريـوم (ThO_2). المسـتخدمان في الوقـود النـووي، حيث تمتـاز هـذه التقنية بتوليـد كميـة قليلة مـن غبار المواد المشـعة. ويمكن اسـتخدام هذه التقنية في إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي.

تتلخص التقنية في الخطوات التالية:

١ـ إجراء سلسـلة من عمليـات التحلل المائي (Hydrolysis) للمركب العضو ـ فلزي لتكوين هيدروكسيد التيتانيوم، حسب التفاعل (١).

٢ـ التكثيف بإزالة الماء (Water condensation) من المنتج في التفاعل (١)، حسب التفاعل (٢).

٣ـ التكثيف بإزالة الكحول (Alcohol Condensation) للمركـب العضـو ـ فلـزي، وذلـك بتفاعـل ذلـك المركـب مـع الهدروكسـيد المنتـج من

$$M - O - R + H_2O \rightarrow \underset{\text{كحول}}{M\text{-}OH + R - OH} \quad (١)$$

$$M - OH + HO - M \rightarrow \underset{\text{هلام}}{M - O - M} + H_2O \quad (٢)$$

$$M - O - R + HO - M \rightarrow \underset{\text{هلام}}{M - O - M} + R\text{-}OH \quad (٣)$$

$(M = Si, Zr, Ti)$

● معادلات التفاعل لإنتاج المحلول - هلام.

التفاعل، (١) حسب التفاعل (٣).

ينتج عن عمليتي التفاعل (٢)، و(٣) محلول معلق لحبيبات نانوية من أكسيد التيتانيوم يبلغ قطرها أكثر من ١٠٠ نانومترفي وسط سائل (Liquid).

٤- يتم تحويل المحلول إلى هلام بواسطة سلسلة من عمليات البلمرة لتكوين معلق غروي هلامي الشكل **(Gel)** يسبح في محلول.

الجدير بالذكر أن التفاعلات المذكورة يمكن أن تحدث في وسط حمضي أو قلوي، ويوضح شكل (١) خطوات تكوين المحلول - هلام.

يتم في تقنية المحلول - هلام **(sol-gel)** تحضير محلول قابل للطلاء، يكون مستقراً في الظروف الاعتيادية في المعمل.

الجدير بالذكر أن هناك مميزات عديدة للمحلول - هلام منها:

١- قلة تكلفة التصنيع المنخفضة.

٢- التجانس العالي للمحلول.

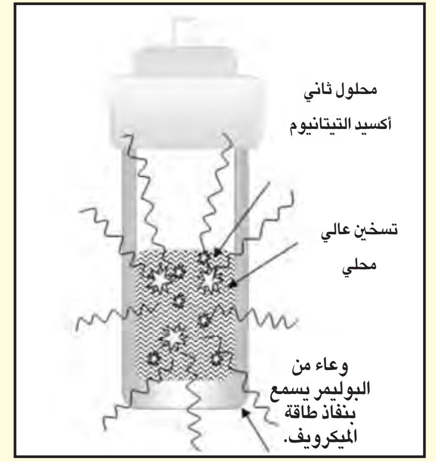
٣- النقاء الكيميائي العالي.

٤- إمكانية تصنيع المادة في صور مختلفة وبكميات كبيرة.

يمكن بواسطة هذه التقنية التحكم - خلال عملية التحضير - في حجم بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم. تعد بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية المنتجة بهذه الطريقة جذابة لخواصها الفريدة، ولإمكانية انتاج كميات كبيرة منها.

	محلول	تكوين الهلام	الهلام
محلول حمضي			
محلول قلوي			

● شكل (١) خطوات تكوين المحلول - هلام في المحلول الحمضي والقلوي.



● شكل (٢) تكوين بلورات نانوية باستخدام موجات الميكرويف.

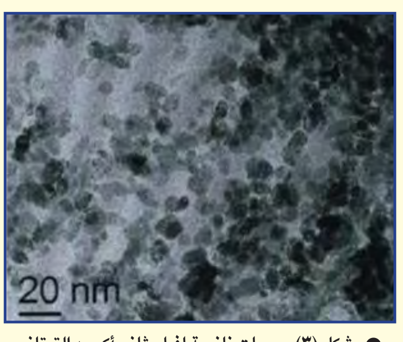
● المعالجة بموجات الميكروويف

يمكن تصنيع بلورات نانوية لثاني أكسيد التيتانيوم باستخدام موجات الميكرويف، حيث يحدث تحسين جيد في الخواص السطحية لثاني أكسيد التيتانيوم، بسبب أن تلك الموجات تحدث تسخين محلي في محلول ثاني أكسيد التيتانيوم. فتتكون مناطق مرتفعة الحرارة، فيحدث فيها إعادة تبلور، بينما يبقى المحلول بكامله في درجة حرارة متوسطة، شكل (٢).

خصائص فيلم ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي

عند دراسة طيف التشتت (Scattering spectrum) باستخدام مطياف **رامن (Raman Spectroscopy)** لفيلم من بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي يتضح أن قمة الخط البياني المميزة للأناتيز أعلى بكثير من البروكايت، بينما تكون القمة المميزة للبروكايت عند عدد موجي أكبر، ولرصد التركيبات النانوية يمكن عمل تركيب من مطياف **رامن** ومجهر القوة الذري (مقترح بحثي تم تقديمه مؤخراً بواسطة الكاتبة).

إن التناقص الطردي في حجم البلورات النانوية لثاني أكسيد التيتانيوم، يقابله زيادة طردية في المساحة السطحية ينتج عنها زيادة شدة طيف **رامن**.



● شكل (٣) حبيبات نانوية لفيلم ثاني أكسيد التيتانيوم.

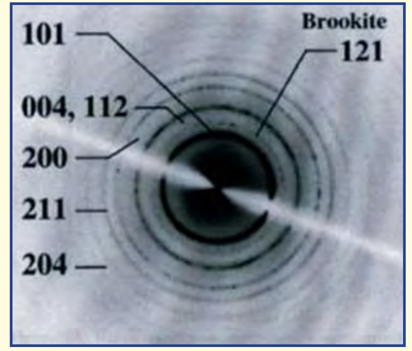
تظهر الصورة في الشكل (٣) المأخوذة باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) عدم وجود شقوق في الفيلم الذي لايتجاوز سمكه ١٠ مايكرومتر، حيث كان سطح الفيلم ناعم و منتظم، كما يظهر الشكل(٤) بوضوح التركيب البلوري لحبيبات ثاني أكسيد التيتانيوم المحضرة باستخدام طريقة المحلول - هلام باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ (Transmission Electron Microscopy-TEM)، وباستخدام نمط الحيود للأشعة السينية (XRD) .

الاستخدامات

يستخدم ثاني أكسيد التيتانيوم لأغراض مختلفة، منها:

● مادة مبيضة

يعد ثاني أكسيد التيتانيوم من المواد عالية المقاومة، فهي لا تتحلل بسهولة؛ لذا تنجح الصناعات التي يدخل فيها وتعطي



● شكل (٤) حلقات الحيود لبلورات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية باستخدام الأشعة السينية .



● مسحوق ثاني أكسيد التيتانيوم.

نتائج جيدة خصوصاً فيما يتعلق بالتبييض التي تكون مطلوبة في كثير من الصناعات، لأنها تزيد من قيمتها، وتحسن من مظهرها، وتشجع على استهلاكها.

كذلك يعد مسحوق ثاني أكسيد التيتانيوم: مادة فعالة للتبييض والتعتيم، حيث يستخدم في تحضير مواد طلاء البلاستيك، وصناعة الورق، والحبر، ومعظم معاجين الأسنان. وفي مجال التجميل والعناية بالبشرة ككريمات التبييض والحماية من أشعة الشمس، وذلك لمقاومته التصبغ الناجمة عن الأشعة فوق البنفسجية.

● مقاومة الضباب

يمتاز ثاني أكسيد التيتانيوم بأنه عندما يتعرض للأشعة فوق البنفسجية يصبح بشكل متسارع محب للماء، ولذا يمكن استخدامه في صناعة زجاج السيارات لمقاومة الضباب، و لصناعة زجاج ذي خاصية عالية للتنظيف الذاتي.

● مواد البناء

يعد ثاني أكسيد التيتانيوم أكثر المواد استخداماً لغرض التبييض، وذلك لسطوع لونه، وارتفاع معامل انعكاسه للضوء - يساوي ٢,٤ - حيث لا تتجاوز هذه القيمة إلا مواد قليلة جداً. وعندما يرسب كفيلم رقيق: فإن لونه ومعامل انعكاس الضوء من خلاله يجعلانه طلاءً ضوئياً عاكساً مميزاً للمرايا العازلة.

يضاف ثاني أكسيد التيتانيوم إلى مواد البناء مثل الطلاء والأسمنت، وذلك للتعقيم، وإزالة الروائح، ومقاومة التشابك. كما يساهم في الحد من نفاذ الملوثات الخارجية التي تطلقها الطائرات إلى داخل المنازل إذا أضيف إلى مواد البناء الخارجية. كما تستخدم بلوراته السائلة للتحكم في المناخ الداخلي للأبنية، فيما يعرف بالنوافذ الذكية.

● معالجة المياه

يمكن استخدام جسيمات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية في تنقية المياه الملوثة، وذلك عن طريق تفاعل تلك الجسيمات مع الأشعة الكهرومغناطيسية. ويفضل استخدام ثاني أكسيد التيتانيوم في معالجة المياه للأسباب التالية:

١- إمكانية وسهولة حدوث عملية التحفيز في الظروف العادية المحيطة.

٢- تكون المحفز الضوئي كمنتج وسطي خلال عملية التفاعل، بخلاف المحفزات المباشرة.

٣- التأكسد الكامل لثاني أكسيد التيتانيوم.

٤- أنه مادة اقتصادية، ولها القدرة على الاندماج في الدائرة الطبيعية مرة أخرى.

٥- أنه مناسب للاستخدام في المفاعلات كوسط.

● تطوير الخلايا الشمسية

من نعم الله علينا أن الطاقة التي تزود بها الشمس كوكب الأرض كبير جداً - تصل إلى ٣×١٠^{٢٤} جول سنوياً - وهذا يساوي أكثر من عشرة آلاف ضعف استهلاك سكان الأرض حالياً. بمعنى أنه لو تم تغطية ٠,١ ٪ من سطح السعودية بالخلايا الشمسية والتي قد تكون كفاءتها لا تتجاوز ١٠٪ - علماً بأن انخفاض الكفاءة عنصر لا يجب النظر إليه كجانب سلبي، وذلك لتوفر الطاقة الشمسية كمصدر مغذي - سوف يغطي احتياجات المملكة الحالية من الطاقة.

يستخدم - عادة - السليكون بصوره المتعددة - وحيد التبلور (monocrystalline)، عديد التبلور (polycrystalline)، وعديم التبلور (amorphous) - في تصنيع الخلايا الشمسية، وقد وجد أن كفاءة الخلايا الشمسية المصنعة باستخدام السليكون وحيد التبلور هي الأعلى نسبياً، جدول (١). وعلى

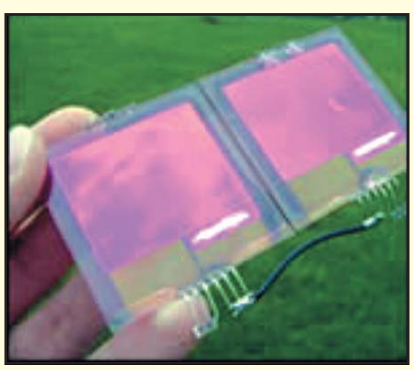
المادة	الكفاءة في المعمل	الكفاءة عند الانتاج (التجارية)
سليكون وحيد التبلور	٢٤٪	١٤-١٧٪
سليكون عديد التبلور	١٨٪	١٣-١٥٪
سليكون عديمة التبلور	١٣٪	٥-٧ ٪

● جدول (١) كفاءة الأنواع المختلفة لخلايا السليكون في الظروف المثالية في المعمل وعند الإنتاج.

الرغم من توفر السليكون في الطبيعة إلا أن المشكلات المرتبطة بخلايا السليكون الشمسية - مثل ارتفاع التكلفة - أدى إلى محدودية استخدامها لتوفير الطاقة إلا في الأحوال التي يكون فيها ارتفاع التكلفة مبرراً.

تقوم الخلايا الشمسية بتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء، فعندما يسقط الضوء على المادة شبه الموصلة: فإن طاقة الفوتونات المتصة تحرر الإلكترونات والثقوب، والتي يمكن أن تعبر إلى الوصلة الثنائية لتكوين تيار مستمر يمنع جهد الوصلة حوامل الشحنة من العبور للخلف عبر الوصلة، فيتكون فرق جهد طرفي يمكن الاستفادة منه. وقد وجد أن خلية السليكون التي مساحتها ١٠٠ سم^{٢} تنتج حوالي ٣ أمبير لكل ٠,٥ فولت، وبالتالي فإن عشرات إلى مئات من هذه الخلايا توصل لإنتاج تيار. وحتى يمكن الاستفادة من هذا التيار لابد من تحويله فيما بعد إلى تيار متردد، ولكن من معوقات هذه التقنية أنها تنحصر في ضرورة توفير مساحات سطحية كبيرة من خلايا السليكون، وهو أمر ليس من السهل تحقيقه.

يمكن تطوير خلايا شمسية باستخدام بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية لتوفير الطاقة المستخدمة في الإضاءة، فإذا أمكن الاستفادة من الخلايا الشمسية في توفير الإضاءة فان هذا سيشكل إنجازاً كبيراً في مجال توفير الطاقة، لأن أكثر من ٢٥٪ من الطاقة الكهربية المتوفرة في العالم تستخدم في الإضاءة. كما أنها زهيدة الثمن، وصديقة للبيئة، ولذا فإن دعم الدراسات التي تعمل على تطويرها أمر مجد اقتصادياً، شكل (٥).



● شكل (٥) صورة خلايا شمسية باستخدام مواد وتقنيات حديثة.

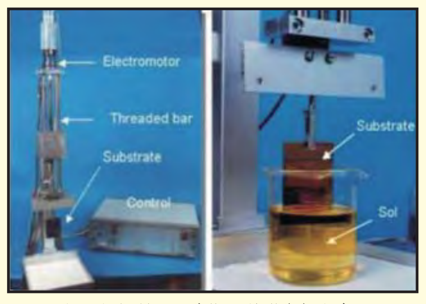
بلورات ثاني أُكسيد التيتانيوم النانوية

يعد ثاني أكسيد التيتانيوم مادة شبه موصلة لها فجوة طاقة عريضة تمتص الضوء في مدى الأشعة فوق البنفسجية (طاقة الفجوة تساوي تقريباً ٣ إلكترون فولت). و بما أن الأشعة البنفسجية تمثل تقريباً ٥-٨٪ من أشعة الشمس، فإنه عند هندسة شريط الطاقة - عن طريق التشويب الاختياري - يمكن الاستفادة من مدى أوسع للطيف الكهرومغناطيسي. وهناك أكاسيد شبه موصلة عديدة يمكن أن تستخدم كخلايا شمسية - مثل (SnO_2), (Fe_2O_3), (ZnO)، إلا أن (TiO_2) - التي أظهرت خصائص فريدة، من أهمها:

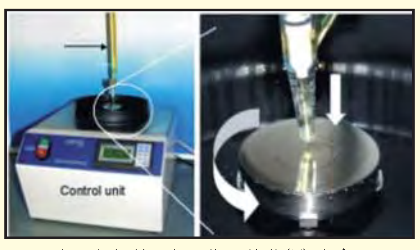
- كفاءة التحويل للطاقة الضوئية.
- مقاومته للتآكل.
- مقاومته للظروف البيئية الحرجة.
- قابليته للتدوير.
- السهولة النسبية لتصنيعه.

يمكن استخدام ثاني أكسيد التيتانيوم في صناعة الخلايا الشمسية بعد تشويبه بأحد العناصر الانتقالية لعمل وصلة ثنائية، مما يمكنها من امتصاص الضوء المرئي. ويتم اختيار الأيون بناء على التقارب بين نصف قطر الأيون وحجم البلورة النانوية.

يتم في هذه التقنية - أثناء عملية التحضير - التحكم في حجم بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم، وتكمن أهمية حجم بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم في أنه كلما صغر حجمها كلما زاد الاتزان بين الالتحام لحوامل الشحنة خلال حجم الخلية وخلال سطحها، وبالتالي يمكن التحكم في عملية الالتحام للحوامل واستبعاد غير المرغوب بها. أضف إلى ذلك: فإن البلورات النانوية تسمح بزيادة المساحة السطحية للفيلم، وهذا مناسب جداً لتصنيع الخلايا الشمسية لوجود حاجة ماسة لأن تكون الخلية الشمسية ذات مساحة سطحية كبيرة نسبياً؛ وذلك للتغلب على عامل انخفاض الكفاءة الكلية للخلايا الشمسية بشكل عام.



● شكل (٦) الطلاء بالغمس بالمحلول - هلام.



● شكل (٧) الطلاء بالدوران بالمحلول - هلام.

لتحضير الخلايا الشمسية من هذه المادة فإنه تتم عملية طلاء الزجاج بثاني أكسيد التيتانيوم إما بالغمس (Dip Coating)، أو بالدوران (Spin Coating)، شكل (٦،٧). ثم معالجته بالحرارة في الفرن عند درجة حرارة حوالي ٥٠٠°م.

يمكن تحسين خصائص الخلايا الشمسية المصنوعة من البلورات النانوية لثاني أكسيد التيتانيوم باستخدام تقنية النانو البصرية (Optical Nanotechnology) والتي من خلالها يتم عمل مرشح متعدد الطبقات، بحيث يكون لكل طبقة معامل انعكاس مختلف، حتى يمكن التحكم في نفاذ الضوء للخلية الشمسية. ومع أن الاعتقاد السائد أن معظم أنواع الزجاج منفذة للضوء بشكل مثالي، إلا أنها في الحقيقة تعكس حوالي ٨٪ من الضوء العمودي الساقط عليها، ولذلك فإن تحسين النفاذية من الممكن أن يزيد من كفاءة الخلايا الشمسية.

● الرسم الهندسي النانوي

يمكن استخدام ثاني أكسيد التيتانيوم لتصنيع الترانزستور من نوع (فلز - أكسيد - فلز) شبه الموصل، ويتم ذلك بتطوير خصائص ثاني أكسيد التيتانيوم - لإكسابه مقاومة أكبر $(TiO_2$ resist$)$ - وذلك بتفاعل مادة (n-butoxide) مع بنزيل أسيتون (benzyoylacetone) في كحول الميثايل (methyl alcohol)، حيث يتم تحضير بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية بتقنية (المحلول - هلام). وبهذه التقنية يمكن عمل الرسم الهندسي النانوي (nanolithography) للنبائط الإلكترونية بشكل مباشر على العينة باستخدام شعاع الإلكترونات (e-beam lithography) بقوة تمييز أقل من ١٠ نانومتر. يوضح شكل (٨) جهاز للرسم الهندسي النانوي لتصنيع النبائط الإلكترونية.

تساهم عملية المعالجة الحرارية للفيلم عند درجة حرارة ٥٠٠°م - قبل عملية الرسم الهندسي - في تبلور التركيب النانوي. كما أن تعرضه لشعاع الإلكترونات يجعله غير قابل للذوبان في الأسيتون نتيجة لكسر الرابطة العضوية لثاني أكسيد التيتانيوم. وبعد ذلك يتم التحميض باستخدام الأسيتون، وذلك لمدة ١٠ ثواني، ثم التحميض في البروبانول (2-propanol IPA). وتعد هذه التقنية طريقة جديدة وسهلة لكتابة - بشكل مباشر - نماذج نانوية معقدة لنبائط إلكترونية مختلفة.



● شكل (٨) جهاز الرسم الهندسي بشعاع الإلكترونات.

• صناعة الملابس

ابتكر العلماء من جامعة هونج كونج ملابس ذكية تغسل نفسها بنفسها. تتمثل بتغليف الأقمشة القطنية بجسيمات صغيرة - نانوية - من مادة ثاني أكسيد التيتانيوم، والتي تعمل كمحفزات لتحطيم الجزيئات الكربونية، حيث تحتاج فقط إلى أشعة الشمس لتنشيط هذا التفاعل المؤدي إلى النظافة. يمكن تصنيع هذه الأقمشة وخياطتها إلى ملابس ذاتية التنظيف تزيل الأوساخ والملوثات البيئية والجراثيم، ولاتتسخ أبداً، طالما كان ضوء الشمس متوفراً.

يتم تصنيع هذا النوع من الأقمشة بنقع الأقمشة القطنية في سائل رقيق القوام من ثاني أكسيد التيتانيوم لمدة نصف دقيقة، ثم تركها لتجف، بعد ذلك تسخن في فرن درجة حرارته ٩٧°م لمدة ١٥دقيقة، ثم توضع في ماء مغلي لمدة ثلاث ساعات، فتتكون على القماش طبقة رقيقة من ثاني أكسيد التيتانيوم لايتجاوز سمكها ٢٠ نانومتر.

عند تعريض الملابس لأشعة الشمس يتأكسد ثاني أكسيد التيتانيوم نتيجة لوجود الأشعة فوق البنفسجية إلى عدد من المواد العضوية. تتفاعل هذه المواد العضوية مع أكسجين الجو، فيؤدي ذلك إلى تولد الشوارد الأكسجينية الحرة التي تعد عاملاً مؤكسداً قوياً يحطم جميع الأوساخ إلى جزيئات أصغر مثل: الماء وثاني أكسيد الكربون، ويستمر عمله طالما وجدت أشعة الشمس، ولا يستهلك أبداً.



• عينة من الملابس الذكية معالجة ببلورات بثاني أكسيد التيتانيوم النانوية.

• استخدامات أخرى

يستخدم ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي في صناعة البارود والمتفجرات لأن له خاصية الانفجار، وفي صناعة معاجين الأسنان، وفي صناعة مواد التجميل خاصة كريمات التبييض، وفي صناعة مستحضرات الوقاية من أشعة الشمس؛ لأن له خاصية محفزة للضوء.

الآثار الصحية

لم يتضح حتى الآن أن بلورات ثاني أكسيد التيتانيوم - في حالتها الطبيعية - مسرطنة وسامة لأنها خشنة أو ناعمة نعومة طبيعية لا تنفذ من خلال البشرة أو الجهاز التنفسي أو الجهاز الهضمي، وبالتالي تطرد إلى خارج الجسم عن طريق أجهزة الإخراج المختلفة، وبذلك لا تسبب السرطان للإنسان. ويعد التقدم الشديد في التقنية التي تستخدم في تصنيع ثاني أكسيد التيتانيوم هي المسؤولة عن تحوله إلى مادة مسرطنة، حيث تعمل التقنية متناهية الصغر على تصغير المواد المستخدمة إلى حجم لا يمكن تخيله للحصول على فائدة صناعية على درجة عالية من الدقة والجودة، وفي هذه الحالة تكون مادة ثاني أكسيد التيتانيوم في أعلى درجات التبييض والتحسين للمواد الغذائية الذي يمثل الهدف الرئيس من إضافتها للمواد، إضافة إلى أنها أكثر وقاية وحماية من الضوء في حالة إضافتها لمواد التجميل. ومع زيادة التقدم تزداد الجزيئات في دقتها، ويتحسن المنتج الغذائي أو التجميلي؛ فيحدث الخطر. وقد أثبتت الدراسات التي أجريت على مستخدمي مستحضرات التجميل أنها تنفذ إلى طبقات البشرة ، وأنه بالفعل قد تم معاينتها بالأشعة فوق البنفسجية بعد ٤-٦ أسابيع من الاستخدام، وهذا ما يسبب السرطان. ينطبق هذا الأمر على الغذاء لأنه كلما زادت دقة جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم كلما زادت قدرته على تبييض المادة الغذائية، وكان هذا سبباً في حدوث الأورام السرطانية التي تظهر عند تناول هذه الأغذية بكثرة.

المراجع

– **http:// en.wikipedia.org/ wiki/ Titanium_dioxide**

G. Patriarche, E. Le Bourhis, M. M. O. Khayyat, and M. M. Chaudhri, *J. Appl. Phys.*, Vol. 96, No.3, 1August 2004

- **M. M. O. Khayyat, D. G. Hasko and M. M. Chaudhri,** JAP, 101, 083515 (2007).

- **E. Meyer, R. M. Overney,** K. Dransfeld, and T. Gyalog, Nanoscience Friction and Rheology on the Nanometre Scale, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singaphore 2002.

- **M. S. M. Saifullah, et al.,** Nano Letters, Vol. 3, No. 11, 1587 (2003).

- Nanotechnology Challenges Implications for Philosofy Ethics and Society, Edited by **J. Schummer and D. Baird,** World Scientific Publishing Pte. Ltd., Singaphore 2006.

- **Ana M. Peiro et al.,** Thin Solid Films, Vol. 411, Issue 2, 185 (2002).

- **Gregory J. Wilson et. al,** Logmuir 22, 2016 (2006).

- Principles of Nanotechnology Molecular-Based Study of Condensed Matter in Small Systems, **G. Ali Mansoori,** World Scientific Publishing Pte. Ltd., Singaphore 2005.

- **Anders Hagfeldt et. al,** Solar Energy Materials and Solar Cells 31, 481 (1994).

- **Markus Thomalla and Helmut Tributsch,** J. Phys. Chem. B, 110, 12167 (2006).



تطبيقات تقنيـــة النانـــو فـــي التشخيص الطبـــي

د هشام بن عبدالعزيز الهدلق

يكمن الاهتمام بتقنيات النانو كما توقع العلماء والباحثون، في أنها قد تسهم في تطوير تطبيقات كثيرة في مجالات مختلفة منها التطبيقات الطبية، وقد بدأت شواهد ذلك في عدد من الأبحاث المنشورة في السنوات القليلة الماضية. يتم البحث والتطوير في تقنية النانو على مستويات متعددة منها: المواد، والأجهزة، والأنظمة حيث تمتاز المواد والأجهزة المصنعة بمقياس النانومتر بأنها تحمل في طياتها تحكماً في الذرات والجزيئات وكيفية ترتيبها، ومنها يتم تكوين المادة على مقياس أكبر، ممايعني تغيراً في الخواص الكيميائية والفيزيائية للمادة، نتيجة للقدرة على التحكم في التحضير والتركيب على مستوى الجزيئات .

يتم في التطبيقات الطبية لتقنية النانو تحضير وتصنيع الجسيمات متناهية الصغر، والأجهزة المعتمدة عليها؛ بحيث تتخاطب وتتفاعل مع الأنسجة و الخلايا الحيّة على المستوى الجزيئي - وليس على مستوى الخلايا - بدقة عالية وتحكم وظيفي، مما يساعد في دفع عجلة التطور في تقنيات الأنظمة الحيوية.

يساهم التشخيص الطبي في اكتشاف المرض مبكراً، مما يجعل عملية العلاج أكثر نجاحاً وأقل تكلفةً ، كما أنه يريح المريض نفسياً من متابعة العلاج لفترة طويلة ويزيد بحول الله وقوته من فرص شفائه في وقت قصير. وللتشخيص المبكر فوائده في اكتشاف مسببات المرض ومتابعة مراحله فسيولوجياً منذ البداية وحتى تطوره في جسم الإنسان، ولهذا فإن الآمال معقودة على تأثير تقنية النانو في تطور عملية التشخيص، وقدرة الأطباء على معرفة أسباب الأمراض وطرق حدوثها مبكراً ، مما يجعل التطبيقات الطبية من أهم التطبيقات التي ستستفيد من ثورة النانو في العصر الحديث ، وسينعكس آثارذلك على حياة الإنسان و تقدم المجتمعات.

من جانب آخر ستحقق تقنية النانو تطوراً ملموساً في طرق وأساليب التشخيص، بحيث يتم الوصول إلى أهداف متعددة في زمن قصير، وسيسرع ذلك في عملية اتخاذ القرار الطبي بالنسبة لحالة المريض، كما سيكون لذلك آثاره الاقتصادية، لأنه سيساهم في توفر التشخيص لمن يحتاجه بأقل تكلفة ممكنة.

يمكن تلخيص التقدم في التشخيص الطبي الذي ستساهم فيه تقنية النانو في عدة محاور ، منها:–

أجهزة التشخيص

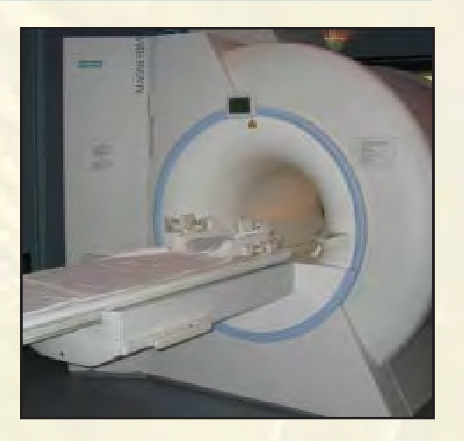
يمكن لأجهزة التشخيص: (Diagnostic Instruments) أن تستفيد من التقدم في تطبيقات النانو في مجال الإلكترونيات، ومعالجة الإشارات، وأجهزة الحاسب لتحليل البيانات، مما يساهم في سرعة أدائها ودقة تشخيصها واكتشافها للمرض بصورة مبكرة. ويرجع السبب في ذلك إلى أن تقنيات النانو الحديثة سوف تزيد من دقة الأجهزة وكفايتها على التطور، لأنها ستطور الدوائر الإلكترونية والكهربائية من حيث قدرتها على استقبال الإشارات وتحليلها، ومن ثمّ إظهار النتائج في زمن قياسي ودقة عالية، ليتمكن الطبيب المختص من تشخيص المرض والبدء في مرحلة العلاج. وتشمل أجهزة التشخيص مايلي:

- تقنيات التصوير.
- أجهزة تحليل العينات.
- أجهزة قياس المتغيرات الحيوية والفسيولوجية.
- أجهزة قياس درجة الحرارة والضغط ونبضات القلب.
- العوامل الفيزيائية الحيوية المختلفة:

سيظهر تأثير التقدم في علوم وتقنيات النانو في الأجهزة المذكورة، من خلال تطوير أنظمة ومواد ذات خصائص فيزيائية وهندسية عالية لاتتوفر إلا على مستوى النانو.

تقنيات التصوير

يعد التصوير الطبي بتقنياته المتعددة من المجالات التي ستساهم فيها تقنية النانو، حيث يتوقع أن تدفع عجلة التطور فيها من حيث كفاءة أدائها وسرعة عملها وزيادة سبل الأمان فيها، ذلك بسبب دخول تقنية النانو في صناعة الشرائح الإلكترونية ودوائر التوصيل الكهربائي ومعالجات البيانات المستخدمة في تلك الأجهزة. كما أنها ستساهم في تخفيض تكلفة صناعتها وبالتالي انتشار استخدامها، حيث لا تتواجد تقنيات التصوير التي تستخدم فيها تقنية النانو حاليا إلا في المستشفيات والمراكز الطبية الكبيرة. وتشمل تقنيات التصوير (Imaging Techiques) أجهزة مختلفة لها أسسها الفيزيائية والهندسية، واستخداماتها الخاصة بها في التشخيص،



● جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI).

ومن تلك الأجهزة مايلي:

● **التصوير بالرنين المغناطيسي**

يعد التصوير بالرنين المغناطيسي من أهم الاستخدامات الرئيسة التي يمكن تطويرها بتقنية النانو، وهو يستخدم في تشخيص أمراض الدماغ والمفاصل والظهر والأعصاب.

تساعد تقنية النانو في هذا النوع من التصوير في زيادة كفاءة الصور ثنائية وثلاثية الأبعاد، ويصبح التباين بين الأنسجة الطبيعية وغير الطبيعية واضحاً في مراحله الأولى، وسيكون لدى الطبيب معلومات وافية عن حالة المريض وأعراض المرض من دون الحاجة إلى التدخل الجراحي ومن أهم المجالات التي يمكن أن تستفيد من هذه التقنية تشخيص أمراض الدماغ والمفاصل والظهر والأعصاب.

يتميز جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي بقدرته العالية على تصوير الأنسجة اللينة والتعرف على أنواع متعددة من الأورام عن طريق عوامل مختلفة تؤثر في الإشارة المستقبلة من النسيج، حيث تتأثر قيم هذه العوامل بالوضع التركيبي والفسيولوجي في الأنسجة الطبيعية عنها في حالة تكون الأورام، إلا أن التمييز بين قيم العوامل في الأنسجة الطبيعية في حالة المرض - خاصة في مراحله الأولية - يشكل تحدياً كبيراً، وهنا يأتي دور جسيمات النانو عمليا في الارتباط بمنطقة الورم عند إدخالها الجسم مع القدرة على التحكم في سيرها والتأكد من وصولها إلى منطقة النسيج المتوقع انتشار المرض فيه، ومن ثمَّ تأثيرها على قيم العوامل المقاسة بالجهاز، مما يسهِّل تحديد منطقة الورم وحجمه ومدى انتشاره عند الحصول على الصور التشخيصية من الجهاز.

● **التصوير بالأشعة السينية**

يمكن الاستفادة من تقنية النانو في هذا النوع من التصوير في تطوير تشخيص أمراض العظام والثدي والصدروإصابات الحوادث.

● **التصوير بالموجات فوق السمعية**

يستخدم التصوير بالموجات فوق السمعية في تشخيص أمراض القلب ومتابعة نمو الجنين، ولذلك فإن تقنية النانو سوف تطور هذا النوع من التشخيص.

دقة التحليل في التصوير

ستوفر تقنيات النانو دقة تحليل عالية: (High Resolution Imaging) في أجهزة التصويرالطبية والحيوية مما يساعد على تباين الأنسجة الحيوية وتمييز التغيرات التركيبية والفسيولوجية فيها، وترتبط دقة التحليل بعوامل هندسية في تصنيع الجهاز، وتحليل الإشارات، ونسبة الضجيج المختلط مع الإشارات المستقبلة، بالإضافة إلى عوامل خارجية أخرى مثل وقت التصوير وحجم العينة.

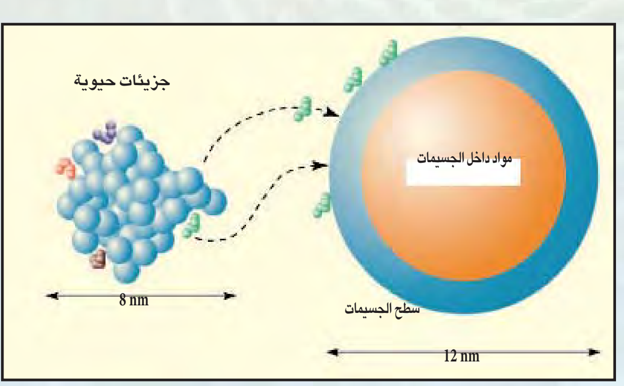
وتعتمد آلية مساهمة تقنية النانو في جعل دقة التحليل عالية على عدة عوامل متعددة، منها على سبيل المثال، أنه بالإمكان توجيه جسيمات النانوداخل الجسم الحي وربطها بمنطقة النسيج المشتبه في إصابته بتغيرات غير طبيعية، فتتحسن قيمة الإشارة المستقبلة من النسيج غير الطبيعي وبالتالي يمكن تصغير حجم عينة النسيج المختار في حالة التصوير مع الحفاظ على جودة الإشارة في نفس الوقت، مما يساهم في دقة تحليل عالية عند معالجة البيانات وتركيب الصور، الذي ينعكس بدوره على اكتشاف تغيرات طفيفة في تركيب النسيج ودوره الوظيفي، والذي لم يكن من الممكن اكتشافه لو ساءت درجة دقة التحليل في الصور التشخيصية.

وسيكون للتطور في صنع الدوائر والمعالجات والحاسبات المصاحب لثورة تقنيات النانو الدور الكبير في جعل دقة التحليل عالية مما سينعكس على القدرة في تمييز الأورام، والتغيرات غير الطبيعية في الوقت المناسب وبتكلفة أقل.

الجسيمات متناهية الصغر

الجسيمات متناهية الصغر: (Nanoparticles) هي مواد على مقياس النانومتر لها خواص فيزيائية وهندسية متميزة، يمكن الاستفادة منها في تشخيص الأمراض، كمواد متباينة (Contrast agents) بحيث ترفع درجة التباين بين الأنسجة ذات التركيب المختلف، وبالتالي يمكن تمييز التغيرات التركيبية والفسيولوجية باستخدام تقنيات التصوير المتعددة أو كمواد يمكن تتبعها (Trace elements) أو كمواد مميزة (Tagging and labeling agents) للجزيئات الحيوية مثل البروتينات والإنزيمات، بحيث يسهل تتبع حركتها ودخولها إلى الخلايا وتفاعلها مع الجزيئات الأخرى، أو كمواد ملتصقة بمكان المرض بحيث يتم اكتشاف مكان المرض بدقة عالية، ومن ثمّ تحديده كهدف للعلاج.

ويمكن إنتاج هذه المواد - وبخصائص متباينة - بتغييرات بسيطة على سطحها لتهيئتها لأن تؤدي وظائف مختلفة تساعد في التشخيص الأولي المبكر. وتوصف هذه الجسيمات بأنها متعددة الوظائف، فالجسيم يعمل مثل الكبسولة يحمل بداخله مادة متباينة ذات طبيعة خاصة يمكن تتبعها باستخدام تقنيات التصوير الطبي. كما يعمل أيضاً كناقل للدواء يتم التحكم في الوقت والمكان المناسب لإطلاقه عن طريق الديناميكا الضوئية بحيث



● تعمل الجسيمات متناهية الصغر مثل الكبسولة وتوفر أماكن للربط على سطحها.

يكون المركب حساس للضوء (أو لشعاع الليزر) عند تسليطة عليه، كما يحمل على سطحه مركبات حيوية لها القدرة على الارتباط الاختياري بالخلايا. وبهذه الوظائف المختلفة، يوفر الجسيم قدرة عالية على استهداف الأورام وتتبع علاجها ويقلل من تأثير الدواء على الأنسجة السليمة المجاورة للورم.

الاختبارات الحيوية

تستخدم الاختبارات الحيوية لتحديد وجود المرض ومسبباته، وهي من الأساسيات المهمة في تحديد التغيرات الفسيولوجية الوراثية المصاحبة للأمراض المختلفة، ويعول عليها في اكتشاف الأمراض وتشخيصها في وقت مبكر وبربط الجزيئات الحيوية بجسيمات متناهية الصغر تصبح الاختبارات أكثر حساسية لأي تغير حيوي، وأكثر دقة في اكتشاف مسببات الأمراض وبشكل سريع، كما يتوقع أن تظهر اختبارات جديدة معتمدة على الخواص المميزة للأنظمة والجسيمات متناهية الصغر، ويتوقع أن تعتمد هذه الاختبارات على حجم عينة أقل مما هو مستخدم اليوم في المستشفيات والمعامل الحيوية.

متابعة المرض

ستساهم التقنيات الحديثة المعتمدة على النانو في تحليل العينات في وقت قصير وبحجم أقل، مما يمكن الطبيب من اتخاذ قراره في الوقت المناسب وستوفر تقنيات التصوير المرتبطة بالجسيمات متناهية الصغر الفرصة لمتابعة تطور المرض (Monitoring)، ومراحل علاجه، كما هو الحال في علاج مرض السرطان بأنواعه المختلفة، حيث أظهرت بعض نتائج الدراسات الأولية في هذا الخصوص أهمية استخدام الجسيمات متناهية الصغر في توصيل الدواء إلى الأورام السرطانية، مع توفر القدرة في الوقت نفسه على متابعة قتل الخلايا السرطانية وانكماش الورم بدون تدخل جراحي من قبل الفريق الطبي

المجسمات الحيوية

تمتاز المجسات الحيوية (Bioassays): بأن لها القدرة على التعرف على المركبات الحيوية وتصنيفها، مما يساعد على تحليلها واكتشاف التغيرات الوراثية المصاحبة للأمراض وتعتمد المجسات الحيوية على الطرق الضوئية والكيميائية والكهروكيميائية والكيمائية الحيوية لاكتشاف المركبات الحيوية وفصلها، وتعمل إجمالاً على تحويل الاستجابة الحيوية على إشارة كهربائية يمكن تحليلها وتلعب تقنية النانو دوراً متزايداً في تطوير المجسات الحيوية حيث تمّ تحسين أدائها وحساسيتها عن طريق استخدام مواد على مستوى النانو في تركيبها، تتميز بصغر حجمها وقدرتها على نقل الإشارات بتقنيات حديثة متطورة وتساهم المجسات الحيوية، بمساعدة تقنية النانو، في محاكاة العمليات التي تحدث على مستوى الخلايا في الحالة الطبيعية لتوفير قدرة عالية في تشخيص الأمراض عند تحليل السوائل والغازات الحيوية.

الجسيمات النانوية المغناطيسية

يمكن الاستفادة من الجسيمات متناهية الصغر ذات الخواص المغناطيسية (Magnetic nanoparticles) في تحسين جودة صور الأنسجة والأنظمة الحيوية، حيث أظهرت بعض الدراسات الأولية أن بعض الجسيمات متناهية الصغر لها خواص مغناطيسية خاصة بها على مستوى النانومتر، يمكن الاستفادة منها في تضخيم الإشارات المستقبلة من العينة أو النسيج، مما يمكّن من متابعة التغيرات الديناميكية في الأنظمة الحيوية عن طريق هذه الجسيمات، وذلك بالاستفادة من قدرتها على التجمع والتفكك في حالة وجود مركب كيميائي أو حيوي ورفع دقة التحليل في الصور ثنائية وثلاثية الأبعاد.

تشخيص وعلاج السرطان

يعد مرض السرطان بأنواعه المختلفة من الأمراض الأكثر انتشاراً في أنحاء العالم، حيث تم اكتشاف أكثر من عشرة ملايين حالة إصابة جديدة ووفاة أكثر من ستة ملايين مصاب حول العالم في عام م وفي كثير من الحالات يكون اكتشاف السرطان قد تمّ في وقت متأخر، مما يعجّل بانتشاره في أعضاء الجسم، ويقلل من فرص نجاح علاجه ولهذا فإن التطور في تشخيص مرض كمرض السرطان سيساهم في اكتشافه مبكراً وإمكانية استئصاله وعلاجه قبل أن يستفحل.

وقد نشرت حديثاً عدة أبحاث تبين مساهمة تقنية النانو في دفع عجلة التطور في التشخيص الطبي خاصة في مرض السرطان، إلا أنه ينبغي التأكيد على أن هذه الأبحاث في مراحلها الأولى، من إجراء التجارب على الحيوانات وقد تأخذ وقتاً طويلاً حتى يثبت نجاحها وسلامة استخدامها على الإنسان، ومن هذه الأبحاث مايلي:

١- قام باحثون بمركز أبحاث السرطان في جامعة ميتشيغن في الولايات المتحدة الأمريكية بإجراء تجارب على فئران مصابة بسرطان في الدماغ، وذلك بحقنها بدواء ومادة متباينة داخل جسيمات متناهية الصغر، بحيث يتم التحكم في وصول الدواء وتتبع حركته عن طريق جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)، والتأكد أن الدواء يؤثر على الخلايا السرطانية دون السليمة وبهذه الطريقة جمع الباحثون بين التشخيص تحديد مكان الورم ومتابعة تقلصه واضمحاله وبين العلاج، من حيث ايصال الدواء إلى مكان الورم، والتحكم في جرعاته واستهدافه من دون التأثير على الأنسجة الطبيعية وقد أظهرت النتائج الأولية أن حيوانات التجارب استجابت للعلاج بشكل أكبر عند استخدام الجسيمات النانونية، كما كان بالإمكان تتبع مسارها وتشخيص حالة الورم السرطاني بشكل أدق.

٢- قام باحثون في جامعة نبراسكا في الولايات المتحدة الأمريكية باستخدام جسيمات متناهية الصغر من أكسيد الحديد تتميز بخواص مغناطيسية للمساهمة في اكتشاف الأورام السرطانية، وذلك عن طريق استخدامهاكمادة متباينة مع التصوير بالرنين المغناطيسي، حيث ساهمت الخصائص المغناطيسية الجديدة للجسيمات متناهية الصغر في اكتشاف الورم و توصيل الدواء لمعالجته.

٣- أوضح باحثون من الولايات المتحدة الأمريكية وهولندا أنه يمكن اكتشاف عقد لمفاوية صغيرة الحجم في مرضى سرطان البروستات لم يكن بالإمكان اكتشافها سابقاً، وذلك باستخدام جسيمات متناهية الصغر مع التصوير بالرنين المغناطيسي.

٤- استطاعت مجموعة من الباحثين تطوير تقنية لتصوير الخلايا السرطانية، وذلك باستخدام الخصائص الضوئية

لمجسات الفلورة متناهية الصغر (Fluorescent nanoparticle probes)، حيث عرض الباحثون في أبحاث منشورة التصوير الضوئي لخلايا سرطانية مستزرعة من رئة إنسان بوجود جسيمات متناهية الصغر ذات خصائص ضوئية، ويعتقد الباحثون أن ذلك سيساهم في المستقبل في تشخيص حجم الخلايا السرطانية وانتشارها ودراسة خيارات استئصال الورم السرطاني من قبل الفريق الطبي.

٥- وصف باحثون في دراسة حديثة أن استخدام جسيمات متناهية الصغر ذات خواص معينة (Magnetic nanoswitches). يساهم في قياس تركيز المواد الكيميائية تحت التحليل، وستساعد هذه التقنية في قياس تركيز المواد الحيوية في الجسم عند عمل التحاليل لاكتشاف التغيرات الفسيولوجية والتركيبية المصاحبة للأمراض كما هو الحال في قياس مستوى الجلوكوز .

الخلاصة

فتح التطور الحاصل في تحضير الجسيمات متناهية الصغر، والتحكم في حجمها ودراسة خصائصها الفيزيائية، باباً كبيراً في إمكانية استخدامها مع وسائل التشخيص المتوفرة بالمستشفيات، كجهاز التصوير بالرنين المغناطيسي، والتصوير بالموجات فوق الصوتية والأشعة المقطعية، وأجهزة الطب النووي، مما يرفع من كفايتها وقدرتها على اكتشاف الأمراض بشكل مبكر ، ويعطي الطبيب معلومات واضحة عن مكان المرض أو النسيج المتمزق وحجمه ومدى انتشاره، وتقدم الدراسات المبدئية حول العالم لتوظيف التطور الحاصل في تقنية النانو في المجالات الطبية، وسيتبع ذلك الدراسات المرتبطة بسلامة استخدامها على الإنسان حتى تتحول هذه التطبيقات إلى واقع يومي في المستشفيات والمراكز الصحية لتساهم في معالجة الأمراض والحفاظ على صحة الإنسان.

المصدر :

1- Curr Opin Chem Biol. 2006; 10:56-61

2- Global Cancer Statistics, 2002: CA Cancer J Clin 2005; 55;74-108

3- Clin Cancer Res 2006; 12: 6677-6686

4- Mol. Pharmaceutics 2005; 2(3): 194 - 205

5- N Engl J Med 2003; 348:2491-2499

6- Technol Cancer Res Treat 2005; 4(6):593-602

7- Small 2006; 2:1144-1177

الجديد في العلوم والتقنية
الجديد في العلوم والتقنية
الجديد في العلوم والتقنية
الجديد في العلوم والتقنية

عسل النحل لعلاج جرح السكري بأمريكا

توصلت طبيبة أمريكية إلى حقيقة، ذكرها القرآن الكريم وبينها الرسول العظيم صلى الله عليه وسلم قبل أكثر من أربعة عشر قرناً، أن عسل النحل فيه شفاء للناس، ويأتي علاج قرحة السكري ضمن الفوائد العلاجية العظيمة لعسل النحل، التي تم توثيقها في الطب الشعبي الإسلامي والعربي، ولكن الجديد في هذا الخصوص أن توصي بعض الأوساط العلمية الأمريكية بضرورة الرجوع إلى التراث الإسلامي فيما يتعلق بالعلاج بعسل النحل.

في عام ٢٠٠٢م تعرضت كتريتا هيرلبرت (Catrina Hurlburt) - أمريكية الجنسية - إلى حادث مروري تسبب في جرح لأحد أرجلها وبما أنها كانت في بداية تعرضها آنذاك تعاني من مرض السكري، فإن جرحها لم يلتئم على الرغم من معالجتها بالمضادات الحيوية الموضعية، وعانت من جراء ذلك لفترة استمرت ثمانية أشهر، بعدها أشارت عليها طبيبتها جينيفر إيدي (Jennifer Eddy) - من كلية الطب جامعة ويسكونسن - باستخدام عسل النحل كعلاج موضعي للجرح، بعد بضعة شهور من مواصلة العلاج المذكور برئت رجل هيرلبرت تماماً، مما جعل إيدي تحصل على دعم من الأكاديمية الأمريكية لأطباء الأسرة في ولاية ويسكونسن لمواصلة أبحاثها الخاصة بالعلاج بعسل النحل.

وتذكر إيدي أنها سبق أن عالجت أحد المرضى الذين كانوا يواجهون خطر البتر بعسل النحل، بعد أن فشلت كل الوسائل الطبية في علاجه، وتضيف إيدي أن الخبراء يرون أن معالجة الجروح بالعسل له فوائد جمة خاصة لمرضى السكر الذين يبلغ عددهم حوالي ٢٠٠ مليون نسمة ١٥٪ منهم يعانون من تقرحات ناتجة من عدم الإحساس في أقدامهم، وأن معدل بتر تلك الأقدام عالمياً تصل إلى عملية واحدة كل نصف دقيقة، وأن تكلفة عمليات البتر في الولايات المتحدة تصل إلى حوالي ١١ بليون دولار سنوياً. وترى إيدي أن هيرلبرت تعد مثالاً لمرضى السكر الذين يمكن إنقاذ أطرافهم من البتر بتكلفة متدنية للغاية.

من المعلوم أن مرضى السكر يعانون من تدني انسياب الدم في شرايينهم وضعف مقاومتهم للعدوى، إضافة إلى أن المضادات الحيوية الموضعية التي تعالج بها جروح السكر قد لا تفيد بسبب أن الميكروبات مثل بكتيريا (Staphylococcus aureus) تكتسب مقاومة ضدها، وبما أن عسل النحل يقاوم البكتيريا بطرق عدة فإنه يعد علاجاً ناجعاً لمثل جروح السكر فله وسط حمضي القاعدة، ونسبة متدنية من الرطوبة، تجعلهما يقضيان على البكتيريا، فضلاً عن وجود إنزيمات تفرز أول أكسيد الهيدروجين الذي يطهر الجرح ويقضي على أي بكتيريا متبقية مقاومة للحموضة أو الجفاف.

وتختتم إيدي بالقول: إن العلاج بعسل النحل أصبح من الأمور التي يهتم بها العاملون في المجال الطبي عالمياً - خاصة المراكز الخاصة بمقاومة الأمراض - ومنظمة الصحة العالمية، على ضوء تزايد أنواع البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية.

وتؤكد إيدي على ضرورة الإشراف الطبي في العلاج بالعسل لأن تقرحات السكر ليست بالأمر السهل - كما يتصور البعض - إلا أن يكون استخدام العسل جزءاً من العلاج الذي لا يغفل عدم الضغط على الجرح بالمشي عليه وكذلك نظافة الجرح بانتظام.

المصدر :

http://www.sciencedaily.com/releases/2007/05/070503165159.htm

عالم في سطور

د. إيمان الصالح

النساء شقائق الرجال، ولذلك فإن الإبداع والتميز العلمي ليس مقصوراً على الرجال فقط، بل هو موجود في النساء كما هو موجود في الرجال، وكم من امرأة تفوقت علمياً وبحثياً على كثير من الرجال. عالمة لهذا العدد عالمة تميزت بتفوقها العلمي وأبحاثها التي طالت معظم الدوريات المشهورة في مجال تخصصها، كما تدرجت في مناصب البحث حتى وصلت إلى عالمة بحث أولى. يسعدنا أن نستعرض معكم لمحات مضيئة من سيرتها العلمية.

الاسم : إيمان عبدالعزيز سعود الصالح.

الجنسية: سعودية

تاريخ الميلاد: ٥/٤/١٩٥٧م.

المرتبة العلمية: عالم أبحاث أول.

المؤهلات العلمية

- ١٩٧٨م بكالوريوس العلوم في علم الأحياء جامعة البصرة ـ العراق.
- ١٩٨١م الماجستير في الكيمياء الحيوية جامعة سسكس ـ بريطانيا.
- ١٩٩٠م دكتوراه في الكيمياء الحيوية السريرية جامعة سرس ـ بريطانيا.

الخبرة العلمية

- ٥/١٩٨٢-٥/١٩٨٣م: مساعدة أبحاث، قسم علم الأمراض ـ كلية الطب ـ جامعة الكويت.
- ٥/١٩٨٣-١٠/١٩٨٥م: مساعدة أبحاث ـ بوحدة حركية الدواء ـ قسم الأبحاث الطبية والبايولوجية بمستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث ـ الرياض.
- ١١/١٩٩٠- ١/١٩٩٥م: عالمة مشاركة في وحدة الصحة البيئية ـ قسم الأبحاث الطبية والبايولوجية.
- ١/١٩٩٥-١١/١٩٩٥م: عالمة أبحاث في وحدة الصحة البيئية ـ قسم الأبحاث الطبية والبايولوجية.
- ١/١٩٩٧-١١/٢٠٠١م عالمة في وحدة الصحة البيئية ـ قسم الأبحاث الطبية والبايولوجية.
- ١١/٢٠٠١ الوقت الحاضر: عالمة أبحاث أولى بوحدة الصحة البيئية ـ قسم الأبحاث الطبية والبايولوجية.

المناصب الإدارية

- ١/١٩٩٧-١/٢٠٠١م: رئيسة قسم التدريب ـ مركز الأبحاث.
- ١/٢٠٠١-٨/٢٠٠١م: نائبة رئيس قسم الأبحاث الطبية والبايولوجية.
- ٨/٢٠٠١-١٢/٢٠٠٣م: رئيسة «مؤقتة» قسم الأبحاث الطبية والبايولوجية.
- ١٢/٢٠٠٣م الوقت الحاضر : رئيس قسم الأبحاث الطبية والبايولوجية.

المنح والأبحاث

١- منحة مقدمة من **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** لمشروع بحث "آثار التعرض للملوثات البيئية على ناتج الحمل من النساء في منطقة الخرج".

٢- منحة مقدمة من مركز الأمير سلمان لأبحاث الإعاقة لمشروع بحث "علاقة التعرض لمادة الرصاص في مرحلة ما قبل الولادة وبعدها، وأثره على نمو الإدراك المبكر للأطفال في محافظة الخرج ـ المملكة العربية السعودية".

٣- منحة مقدمة من **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** لمشروع بحث "السلينيوم وفيتامين هـ في الأطفال والبالغين في محافظة الخرج بالمملكة العربية السعودية واحتمال علاقته ببعض الأمراض المستوطنة".

٤- منحة مقدمة من منظمة الصحة العالمية لمشروع بحث "دراسة مقطعية لمستوى مبيد أل د.دتي في حليب الأمهات".

٥- بحث بعنوان "دورالحبة السوداء وعدد مكوناتها فيما يتعلق بالتأثيرات المتلفة للمادة الوراثية الناتجة عن الاللأزوكسيميثن وسرطان القولون في الفئران".

٦- بحث بعنوان "تلف المادة الوراثية بسبب التعرض للمركبات الهيدروكربونية عند مرضى سرطان القولون السعوديين ودوره المحتمل في تحفيز عملية السرطنة".

٧- بحث بعنوان "التعرض للملوثات البيئية وتأثير ذلك على نتائج علاج الإخصاب في الأنبوب".

النشاط العلمي

إضافة إلى خبرتها العلمية والعملية الواسعة في مجال التخصص والذي امتد إلى ما يقارب ٢٠ عاماً كان للعالمة نشاط علمي جم تمثل فيما يلي:-

١- المشاركة في عدد من المؤتمرات والندوات العلمية والطبية داخل المملكة وخارجها.

٢- تقديم أوراق عمل وأبحاث في مجموعة من المؤتمرات الدولية المختصة.

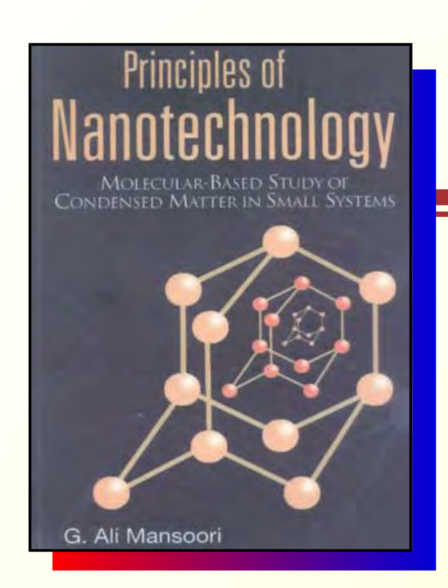
٣- نشر ما يقارب من «٧٧» بحث في مجلات ودوريات علمية وطبية عالمية.

٤- تقوم حالياً بإجراء بحوث ودراسات ذات قيمة عالية ممولة من جهات ومنظمات من داخل المملكة وخارجها.

الجمعيات العلمية والجوائز

- زميلة في معهد علوم الأحياء ـ بريطانيا.
- زميلة في المعهد الملكي للصحة العامة ـ بريطانيا.
- عضوة في الجمعية العالمية للأوبئة البيئية.
- عضوة في الجمعية العالمية للمعادن النادرة في الأبحاث والإنسان.
- عضوة في رابطة الجماعات التحليلية العالمية.
- جائزة المراعي للإبداع العلمي للعالم المتميز في مجال البيئة (١٤٢٤/١٤٢٥هـ ـ الموافق ٢٠٠٤م).

عرض كتاب



أساسيات التقنية متناهية الصغر

عرض : د. خالد بن عبدالرحمن الدكان

صدر هذا الكتاب باللغة الانجليزية عام ١٤٢٦هـ/ ٢٠٠٥م ، وهو من القطع المتوسط ، ويقع في ثلاثمئة وأربعين صفحة بما فيها الملاحق والمصطلحات العلمية ، قام بتأليفه الدكتور ج. علي منصوري من جامعة إلينوي بالولايات المتحدة الأمريكية، وقامت بطباعته دار العالم العلمي للنشر (World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd).

يحتوي الكتاب في مجمله على : نظرة للنظم النانوية عن طريق دراسة الذرات والجزيئات والهياكل النانوية والتحليل الميكانيكي والديناميكا الحرارية ، لتحديد مستويات الطاقة والقوى الذرية والجزيئية.

تم تقسيم الكتاب إلى أحد عشر فصلاً متداخلة بشكل مرن ؛ لإعطاء القارئ فكرة عامة عن ماهية الطرق والنظريات المستخدمة لتكوين الأنظمة النانوية بالتوجه السفلي– العلوي (Bottom-Up approach).

تطرق **الفصل الأول** من الكتاب إلى : مقدمة عن التطور العلمي في تقنية النانو على المستوى الذري والجزيئي، والقدرة على التحكم المنطقي والمدروس في الخصائص والتصرفات لتلك الذرات والجزيئات، لما له من أهمية على مدى إمكانية تكوين الأجهزة والمواد الثانوية والأنظمة بمقاسات نانوية (١ – ١٠٠ نانومتر) .

يعد هذا الفصل – في مجمله – مختصراً لتقنيات النانو حيث سرد الكاتب بدايات التقنية في الخمسينيات ، ومن ثم التطبيقات في الوقت الحاضر وأخيراً التطبيقات المستقبلية المتوقعة.

قام المؤلف في **الفصل الثاني** بتعريف القوى الذرية والجزيئية والطاقة الكامنة التي تعد رافداً مهماً في القدرة على تمثيل وتوقع السلوك ومحاكاة الهياكل أو الأشكال النانوية. وتكمن أهمية هذا الجزء من تقنية النانو بالقدرة على تحريك الجزيئات وعمليات البناء الذاتي . وتطرق الكاتب في هذا الفصل إلى طبيعة الروابط بين الذرات وتكوين الجزيئات والعناقيد ، وكيفية تحديد الطاقة الكامنة وماهية قوى التجاذب ومقدارها، حيث بين أن من الطرق المتبعة لذلك هو التمثيل للبيانات المختبرية (التجارب). حيث يمكن الحصول على تمثيل جزيئي أو عنقودي مخبرياً ، ومن ثم الحصول على طريقة عملية لبناء تمثيل الطاقة لعنصر معين ، التي عادة ما يستخدم مجهر القوة الذرية (Atomic Force Microscope, AFM) كأداة فاعلة في مثل هذه التطبيقات.

كما تناول هذا الفصل التوجه السفلي – العلوي بإستخدام الطرق الأساسية الأولى أو ما يسمى بنظرية التشكيل التكثفي (Density Functional Theory)، وطريقة الكم الكيميائية لحساب (Quantum Chemical Techniques) الأسطح الكامنة (Potential Surface) لجزيئات بسيطة. تلا ذلك مقارنة مباشرة بين التصور النظري و تعديل التمثيل العملي، والتي من خلالها يمكن الحصول على ما يسمى بحسابات (AB initio Calculation)، وفي حالة الحصول على توافق معين يمكن الوصول إلى مرحلة تصميم مواد جديدة بخواص مرغوب فيها ومحددة سلفاً.

خصص **الفصل الثالث** للتحدث عن الديناميكا الحرارية ، وميكانيكا التحليل للأنظمة الصغيرة. حيث بين الكاتب أهمية دراسة تغير حالة النظام والتفاعل مع المحيط ، سواء على المستوى الإعتيادي أو مستوى الماكرو والنانو ، وتعاريف عامة للديناميكا الحرارية وقوانينها الرئيسية ، واصفاً – بشكل عام – ميكانيكا التحليل وأهميتها في إعطاء أداة حسابية تقديرية لخواص المادة وتحول حالتها .

استعرض **الفصل الرابع** بعض البرمجيات أو ما يسمى ببرامج المحاكاة (Simulation Tools)، والتي من أشهرها

طريقة مونتيكارلو لمحاكاة الأنظمة النانوية (Monte Carlo Simulation Methods for Nanosystems) ، كما تطرق الكاتب لبعض أنواعها والتي يمكن اختيار أياً منها بناءً على طبيعة النظام النانوي تحت الدراسة وطبيعة التحليل والحساب المطلوب الحصول عليه.

وامتداداً **للفصل الرابع** قام الكاتب في **الفصل الخامس** بشرح مبسط لطرق محاكاة ديناميكا الجزيئات للأنظمة النانوية، حيث بدأ بمقدمة عن تاريخ نظم المحاكاة وأهميتها في التطبيقات النانوية، وأتبعه بإيضاح للأسس التي يبنى عليها النظام .

أما **الفصل السادس** : فقد قام الكاتب بتوضيح أهمية إستخدام الكمبيوتر في التطبيقات النانوية لزيادة دقة المحاكاة من جهة، وتقليل الوقت والجهد من جهة أخرى ، وقام بتصنيف الطرق المتبعة في المحاكاة والمتفرعة عن طريقة مونتكارلو وطريقة الديناميكا الجزيئة (Molecular Dynamics Method).

تناول الكاتب في **الفصل السابع** : تغير الحالة في الأنظمة النانوية ، حيث قام بتعريف مبدأ تغير الحالة على مستوى الماكرو والتعريف بقانون جيبس (Gibbs Phase Rule) ومقارنة بين الأنظمة الكبيرة والصغيرة في هذا الخصوص، وبيّن أيضاً أهمية طرق التمثيل والمحاكاة ؛ لصعوبة عمل التجارب على المستوى النانوي.

تناول المؤلف في **الفصل الثامن** : إحدى أساسيات النانو في بناء الهياكل النانوية عن طريق التوجه في البناء السفلي–العلوي أو ما يسمى ببناء المجسمات الجزيئية (Molecular Building Blocks) والتي من خلالها يمكن التحكم في خواص المواد عن طريق التحكم في وضع مواقع الجزيئات (Position assembly) .

وامتداداً للفصل السابق : تطرق الكاتب في **الفصل التاسع** إلى الترابط أو البناء الذاتي للجزيئات ؛ إعتماداً على مستوى الطاقة المتوفر. مستعرضاً العوامل الرئيسية الخمسة المشاركة في إنجاح عملية البناء الذاتي للجزيئات ، والتي تشمل بناء المجسمات الجزيئية، والارتباطات الداخلية للجزيئات (Intermolecular Interactions)، وإعادة البناء أو التعديل البنائي (Reversibility or Adjustability)، الإنتقال الجزيئي (Molecular Mobility) وأخيراً تأثير الوسط العملياتي المحيط (Process Medium) .

ناقش الكاتب في **الفصل العاشر** : الطريقة الديناميكية لمجموعة من المواد الكيميائية التي تعد من الطرق الحيوية والمهمة في تكوين مواد جديدة قائمة على التوجه من الأسفل إلى الأعلى في بناء المركبات (الجسيمات) النانوية. وقد أنهى الكاتب حديثه في هذا الفصل بسرد بعض الأمثلة التطبيقية لطريقة قوائم التراكيب الديناميكية في المجالات الصناعية كصناعة المواد المبلمرة (Polymers) أو في الطب لمقاومة أو علاج بعض الأمراض المستعصية في الوقت الحاضر.

خصص الكاتب الفصل الأخير **(الحادي عشر)** للحديث عن : بناء المجسمات الجزيئية (Molecular Building Blocks) وركز الحديث في جزء كبير منه على ما يسمى بالدياموندويد (Diamondoid) وهي مركبات عضوية ذات تكوين هيكلي جيد وخواص مميزة .

استعرض الكاتب في هذا الفصل طريقتين أساسيتين في بناء المجسمات الجزيئية هي الاتجاه العلوي–السفلي والاتجاه السفلي– العلوي.

تبدأ العملية في الطريقة الأولى بمواد على مستوى المايكرو ثم يقلل الحجم حتى يصل إلى مستوى النانو . وهي عكس الطريقة الثانية المعتمدة على ربط الجزيئات الثانوية للحصول على مركب ثانوي في بناء المجسمات الجزيئية.

قام الكاتب بسرد أمثلة متعددة لبناء المجسمات الجزيئية في التقنية الحيوية والتطبيقات الصناعية مثل : بعض المركبات التي تدخل في صناعة الشرائح الإلكترونية بالتركيز على بعض المنتجات أو التراكيب الناتجة عن طريقة بناء المجسمات الجزيئية ألا وهي الدياموندويد لما لها من أهمية بالغة في كثير من التطبيقات في مجال الموصلات الكهربائية وأشباه الموصلات والضوئيات.

كذلك خصص الكاتب حديثه عن مميزات الدياموندويد الكيميائية والفيزيائية وملاءمة تلك الخواص لكثير من التطبيقات الحديثة وطرق تصنيعها وتطبيقاتها في كثير من المجالات .

على الرغم من تغطية المؤلف لمعظم الموضوعات التي تهم الباحثين في هذه التقنية إلا أن المواضيع المطروحة تحتاج إلى مزيد من الإيضاح والتفصيل لإيصال المعلومة العلمية.



كتب صدرت حديثاً

تعليمات النقل الآمن للمواد المشعة في المملكة العربية السعودية

صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام ١٤٢٨هـ/ ٢٠٠٧م عن معهد بحوث الطاقة الذرية التابع **لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**.

تبلغ عدد صفحات الكتاب ١٩٠ صفحة من القطع المتوسط تشمل المواد الخاصة بنقل المواد المشعة في المملكة - عددها ١٠٥ مواد- والجداول والأشكال والملاحق المتعلقة بها ثم ترتيب مواد نقل المواد المشعة وفق سبعة أبواب هي:- تمهيد وتعاريف، المبادئ والشروط العامة للنقل، حدود النشاط الإشعاعي والقيود الخاصة بالمواد المشعة، متطلبات وضوابط النقل، متطلبات خاصة بالمواد المشعة وبالتغليفات والطرود، نهج وخطوات الاختبار، التصديق والمتطلبات الإدارية.

الحساسية والربو

صدرت الطبعة الثانية لهذا الكتاب عام ١٤٢٦هـ/ ٢٠٠٥م عن مكتبة العبيكان، وهو من تأليف الدكتور **حرب بن عطا الهرفي البلوي** الإستشارى والمشرف على المركز الوطني للحساسية والربو والمناعة بالرياض. تبلغ عدد صفحات الكتاب ٢٦٨ صفحة من القطع الصغير، وهو يحتوي - بجانب الأشكال التوضيحية والصور المختلفة لأنواع الربو- على إحدى عشر فصلاً.



تتناول فصول الكتاب - بالترتيب - مايلي:- تعريف الحساسية، تاريخ الحساسية، كيف تحدث الحساسية، مسببات الحساسية للطعام، أوجه الحساسية ومظاهرها، حساسية القصبات الهوائية "الربو"، اختبارات تشخيص الحساسية، علاج الحساسية بالمصل "إبرة الحساسية" أسئلة تدور في أذهان مرضى الحساسية والإجابة عليها، الحساسية ومسبباتها في الجزيرة العربية.

ندوة النخيل الرابعة بالمملكة العربية السعودية

صدر هذا الكتاب عام ١٤٢٨هـ/ ٢٠٠٧م، وهو عبارة عن ملخصات لأبحاث قدمت أثناء انعقاد الندوة الرابعة للنخيل التى نظمها مركز أبحاث النخيل والتمور بجامعة الملك فيصل بالأحساء في الفترة من ١٨-٢١ ربيع الثاني ١٤٢٨هـ الموافق ٥-٨ مايو ٢٠٠٧م.

تبلغ عدد صفحات الكتاب ٣١٩ صفحة من القطع المتوسط، تناولت تلخيص أوراق علمية في المواضيع التالية :- العمليات الزراعية لنخيل التمر، تطبيقات التقنية الحيويه في نخيل التمر، اقتصاديات وتسويق التمور، الدراسات البيئية لنخيل التمر، الإكثار وتقييم أصناف التمور، آفات نخيل التمر وطرق مكافحتها، تصنيع التمور والمنتجات الثانوية.

مصطلحات علمية

● **مجهر القوة الذري**
Atomic Force Microscope - AFM
مجهر يحتوي على رأس إبري مدبب مثبت على ذراع ميكانيكي مرن، يعمل هذا الرأس المدبب على مسح لسطح العينة وتكوين صور ثلاثية الأبعاد وإعطاء معلومات محددة ودقيقه.

● **كرات الباكي** **Bucky Balls**
جزيئات ضخمة من الكربون يتكون كل منها من ٦٠ ذرة كربون (C60) أو ٧٠ ذرة كربون (C70) ولها مرونة كبيرة جدا وتتحمل الضغط العالي وإذا زاد الضغط عليها بسرعة هائلة يمكن أن تتحول إلى ألماس.

● **أنابيب الكربون النانوية**
Carbon Nanotubses
صفائح من الجرافيت أو ذرات من الكربون مطوية على شكل أنابيب يتراوح قطرها ما بين ١ إلى ٣ نانومتر وطولها ليس محدد ولكنه يتراوح ما بين نصف مايكرون، ويمكن أن يصل إلى عدة مليمترات.

● **الترسيب بالتبخير الكيميائي**
Chemical Vapor Deposition -CVD
عملية يتم فيها تفاعل الغازات تفاعلاً كيميائياً، ومن ثم تترسب النواتج من هذا التفاعل على شكل طبقة رقيقة من مادة معينة.

● **المواد المركبة**
Composite Materials
مواد مكونة هندسياً من مادتين أو أكثر لتعطي مواداً ذات ثباتية عالية وخصائص كيميائية وفيزيائية جديدة ومميزة.

● **محب للماء** **Hydrophilic**
طرف مشحون في الجزيء ينجذب إلى جزيئات الماء.

● **الترشيح الميكرومتري**
Micro. Filtration - MF
عملية ترشيح ومعالجة المياه الأولية يتم من خلالها منع الملوثات السائلة (الغاز السائل) من المرور عبر الغشاء الذي تتراوح فتحاته من ٠,٥ إلى ١٠٠ ميكرومتر .

● **النظم الإلكترميكانيكية الدقيقة**
Micro-Electro-Mechanical-System, MEMs
نظم مصغرة متكاملة تجمع بين المكونات الكهربائية والميكانيكية، وتتفاوت في الحجم من أقل من الميكرومتر إلى المليمتر.

● **الترشيح النانوي**
Nano Filtration - NF
ترشيح ومعالجة المياه المتقدمة يتم من خلالها استخدام غشاء يسمح بمرور الجزيئات الأقل من ٢ نانومتر .

● **الحبيبات النانوية**
Nanoparticles
حبيبات صغيرة جداً يتراوح قطرها ما بين ١نانومتر إلى ٢٠٠ نانومتر، يمكن أن تكون من مواد مختلفة ولها خصائص مميزة تختلف عن موادها الأصلية بسبب أبعادها النانوية.

● **علوم النانو**
Nanosciences
دراسة الظواهر و معالجة المواد على مستوى الجزيئات و المركبات و المركبات الميكرونية، حيث أن خصائصها تختلف عما يعادلها من خصائص المواد الكبيرة.

● **تقنية النانو**
Nanotechnology
التصميم و التشخيص و الإنتاج و التنفيذ للتصاميم و الأجهزة و الأنظمة عن طريق التحكم بالشكل و الحجم على مستوى النانومتر.

● **التناضح العكسي**
Reverse Osmosis
صافي حركة انتقال جزيئات الماء عبر غشاء نصف نافذ (Semipermeable) من منطقة تركيز عالي إلى منطقة ذات تركيز أقل دون الحاجة لاستهلاك طاقة.

● **المجهر الإلكتروني الماسح**
Scanning Electron Microscope (SEM)
جهاز يحتوي على مجموعة من العدسات الكهرومغناطيسية يعمل على تكبير وتوضيح الأشياء، وذلك باستخدام حزمه من الإلكترونات تتسارع في أنبوب مفرغ لترتطم بسطح العينة مما يؤدي إلى إنتاج إشارات معينة تعطي الصورة النهائية .

● **غشاء شبه نافذ**
Semipermeable Membrane
غشاء نافذ جزئياً يعتمد مرور الجزيئات من خلاله على الضغط والتراكيز ودرجة الحرارة وكذلك النفاذية وحجم المذاب .

● **شرائح السليكون** **Silicon Wafers**
شرائح رقيقة من السليكون أحادية البلورية تستخدم في تصنيع أشباه الموصلات والدوائر المتكاملة وكأساس لبناء الأجهزة الدقيقة.

● **أكسيد التيتانيوم**
Titanium Dioxide (TiO_2)
مسحوق أبيض اللون يوجد في الطبيعة على هيئة أكاسيد.

● **محلول – هلام** **Sol - Gel**
محلول قابل للطلاء مستقر في الظروف الاعتيادية ممكن أن يتحول إلى تركيب هلامي.

● **الترشيح فوق الميكرومتري**
Ultra Filtration - UF
ترشيح ومعالجة المياه الأولية يتم من خلالها إزالة الفيروسات عبر غشاء تتراوح فتحاته من ١ إلى ١٠٠ نانومتر .

● **اختبار فيكر**
Vickers Hardness Test
اختبار يبين مدى صلابة المواد.



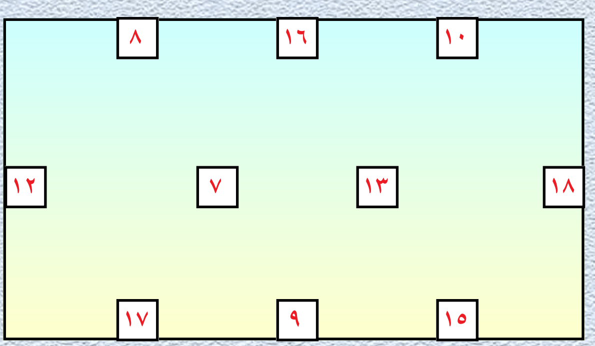
مساحة للتفكير

مسابقة العدد

توصيل الأرقام

توصيل الأرقام لعبة مسلية تستهوي كثيراً من الناس، خصوصاً، وأنها في بعض الأحيان تحتاج إلى تفكير عميق، كما أنها تحتاج إلى محاولات كثيرة، و سؤالنا في هذا العدد من هذا النوع، وهو كالتالي:

جلس محمد وعدد من زملائه على شاطيء البحر حيث الرمال الناعمة والمبللة بمياه البحر، فقال لهم لدي سؤال أعياني حله وشغل تفكيري فمن منكم يستطيع مساعدتي في ذلك؟ فاشرأبت إليه أعناقهم وسألوه بصوت واحد ما هو؟ فرسم لهم مستطيلاً، ثم رسم في داخله عشرة مربعات صغيرة، ثمانية منها على محيط المستطيل والمربعين الباقيين في وسط المستطيل، ثم كتب على كل منها رقماً بحيث يساوي مجموع كل رقمين خمسة وعشرين، كما في الشكل المرفق، ثم قال لهم من منكم يستطيع توصيل كل مربعين مجموع رقميهما يساوي خمسة وعشرين دون تقاطع أي من الخطوط أو خروجها خارج المستطيل؟



إذا توصلت إلى الحل فلا تتردد في إرساله إلينا لتحصل على إحدى الجوائز المخصصة لذلك.

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة «**توصيل الأرقام**» فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة.

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء.

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً، ويرفق به اسم وعنوان البنك ورقم الحساب إذا أمكن.

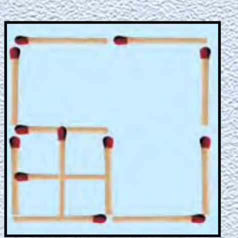
٤ـ أن يكون الإسم ثلاثي على الأقل.

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة لاختيار ثلاثة فائزين، وسيمنح كل منهم جائزة مقدارها (٣٠٠ريال) ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله.

حل مسابقة العدد السابق

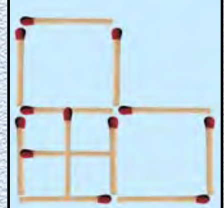
أعواد الثقاب والمربعات

يسعدنا أن نقدم لقرائنا الكرام مسابقة (أعواد الثقاب والمربعات) كما يلي:

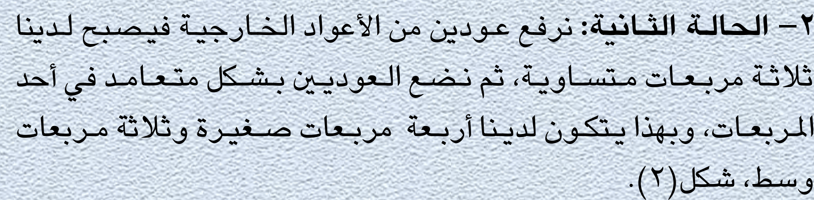


شكل ١

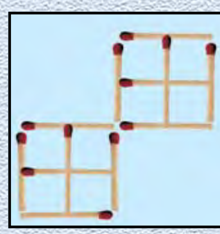
١- الحالة الأولى: نرفع عودين من الأعواد الداخلية المتعامدة فيصبح لدينا مربع كبير بداخله مربع وسط، ثم نضع العودين بشكل متقاطع في المربع وبهذا يتكون لدينا مربع كبير بداخله مربع متوسط، وبداخل المربع المتوسط أربعة مربعات صغيرة، وبذلك يصبح المجموع ستة مربعات، شكل(١).



شكل ٢



٢- الحالة الثانية: نرفع عودين من الأعواد الخارجية فيصبح لدينا ثلاثة مربعات متساوية، ثم نضع العودين بشكل متعامد في أحد المربعات، وبهذا يتكون لدينا أربعة مربعات صغيرة وثلاثة مربعات وسط، شكل(٢).



شكل ٣

٣- الحالة الثالثة: من أي مربعين متقابلين نرفع من كل منها عودين، فيصبح لدينا مربعين متساويين، ثم نضع في كل منهما عودين بشكل متعامد، وبذلك يتكون مربعين متوسطين، وبداخلها ثمانية مربعات صغيرة فيصبح المجموع عشرة مربعات، شكل(٣).

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد **السابق**، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من :

١ـ علي بن عبدالعزيز السقامي ـ الرياض

٢ـ بسمة بنت محمد بركات ـ الرياض

٣ـ عبدالرحمن بن إبراهيم أحمد ـ المدينة المنورة

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .

كيف تعمل الأشياء

المجهر النفقي الماسح

إعداد : د. حمد البريثن

تعتمد فكرة المجهر النفقي الماسح *(Scanning Tunneling Microscopy -STM)* **بالاعتماد على ظاهرة النفقية** *(Tunneling)* **حيث تنتقل الإلكترونات نفقياً بين الإبرة الماسحة للمجهر وسطح العينة وهي من الظواهر المهمة الناتجة من ميكانيكا الكم التي لا يمكن تفسيرها بالميكانيكا التقليدية.**

يمكن توضيح فكرة عمل هذا المجهر بالمثال الموضح في شكل (١)، وذلك كالتالي:

١-حسب الميكانيكا التقليدية لا يمكن للجسم (P) العبور من المنطقة (I) إلى المنطقة (II) لأن طاقته (E) أقل من طاقة الحاجز(Φ) شكل (١ - أ).

٢-حسب ميكانيكا الكم يمكن للجسم (P) العبور من المنطقة (I) إلى المنطقة (II) رغم أن طاقته (E) أقل من طاقة الحاجز (Φ)، وذلك عن طريق النفقية، شكل (١ - ب) و (١ - ج)، حيث يخترق الجسم (P) الحاجز ذي السمك (Z) بين المنطقة (I) والمنطقة (II)، ولهذا جاءت تسمية هذه الظاهرة بـ " ميكانيكا الكم النفقية *(Tunneling)*".

تحدث عملية النفقية بشكل غير مستمر لأن قيمة أو احتمالية حدوثها تعتمد على عدة متغيرات، مثل الفرق في الطاقة بين (Φ) و(E) وكذلك سمك الحاجز (Z).

تتمثل المنطقة الأولى (I) في المجهر النفقي الماسح في إبرة حادة مصنوعة من معدن ذي صلابة عالية، مثل التنجستن، بينما تمثل المنطقة الثانية (II) سطح العينة المراد دراسة تركيبه (مادة موصلة أو شبه موصلة)، شكل (٢). أما منطقة الحاجز الجهدي (Z) فهي عبارة عن الفراغ الموجود بين الإبرة وسطح العينة، إذ لا يوجد اتصال ميكانيكي بين الإبرة و ذرات سطح العينة، وعلى افتراض أن المسافة الفاصلة الفعالة تساوي بشكل تقريبي (Z) لأن المدارات الذرية تمتد نظرياً إلى مالانهايه.

ويمثل متوسط دالتي الشغل لمادتي الإبرة والسطح (Φ) الارتفاع الطاقي للحاجز بين المنطقتين، و بذلك فإن الأجسام (في هذه الحالة الإلكترونات) لا تستطيع الانتقال بين السطحين إلا عن طريق الظاهرة النفقية، فعندما يسلط جهد سالب على الإبرة بمقدار (U) فإن الإلكترونات تنتقل من الإبرة إلى السطح، وعند تسليط جهد موجب (U) فإن الإلكترونات تنتقل من السطح إلى الإبرة.

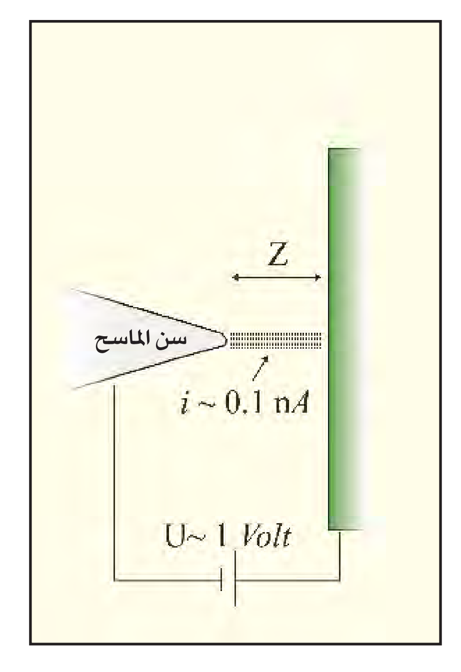
يجب أن يكون فرق الجهد (U) صغيراً جداً بالمقارنة مع (Φ) وذلك لضمان انتقال الإلكترونات نفقيا فقط خلال الفراغ الفاصل. ونظراً لأن الإلكترونات تحمل شحنات كهربائية فإن انتقالها من مكان لآخر هو عبارة عن تيار كهربائي (i) . يمكن حساب مقداره ـ بدون الدخول في تفاصيل نظرية ـ بالعلاقة التالية:

[illegible]

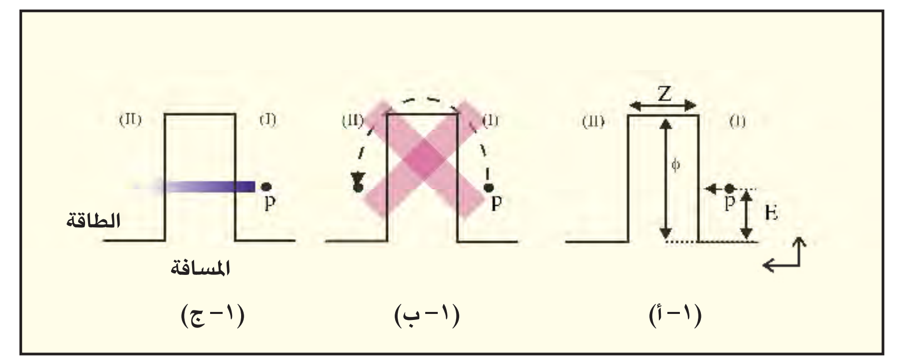
حيث تمثل (c) و (A) في المعادلة (١) قيما ثابتة.

يعتمد التيار الكهربي خطيا على الجهد المسلط (U) ، ويشبه في ذلك قانون أوم.

يوجد ارتباط وثيق بين التيار النفقي



● شكل(٢)الإبرة الماسحة على السطح المراد دراسته



● شكل (١) انتقال الأجسام خلال حاجز الجهد.

والمسافة الفاصلة (Z)، فكلما زادت (Z) قل مقدار (i) بشكل أسي. وبالتالي فإن هذه المعادلة تمثل تقريبا جيدا لمقدار التيار المار، وهي من حيث المبدأ كافية لفهم فكرة المجهر النفقي الماسح.

طريقة عمل المجهر

يعتمد مبدأ عمل المجهر النفقي – كما اتضح سابقاً – على التيار الناشئ من انتقال الإلكترونات من الإبرة إلى سطح العينة أو العكس، بينما يعتمد مقدار التيار بشكل واضح على المسافة الفاصلة بين الإبرة والسطح (Z).

قبل البدء في شرح طريقة دراسة السطح يجب معرفة كيفية تحرك الإبرة ـ تسمى بالإبرة الماسحة لأنها تقوم بمسح منطقة معينة أي المرور فوقهاـ وجمع معلومات عنها. ومنها جاءت التسمية بالماسح(Scanning) على السطح المراد دراسته.

تعلق الإبرة الماسحة على مادة حديدو كهربائية (Ferro-electric) أو بعض الأحيان تسمى كهروضغطية (Piezo-electric)، الشكل (٣-أ) لها القدرة على التمدد عند تعرضها لفرق جهد، يعتمد هذا التمدد خطيا على مقدار الجهد المسلط، إذ يمكن التحكم بشكل دقيق جدا بالمسافة التي تقوم الإبرة بمسحها عن طريق التحكم بدقة بالجهد المسلط عليها.

● شكل (٣) تمدد المواد الكهرضغطية عند تسليط جهد كهربي عليها

فمثلاً عند تسليط جهد (V_X) على هذه المادة فإنها تتمدد بمقدار (ΔX)، الشكل (٣-أ) و(٣-ب)، وعندما يخفض هذا الجهد إلى النصف، على سبيل المثال، فإن التمدد يقل إلى النصف. وبالتالي تستطيع الإبرة دراسة منطقة معينة عند تحريكها إلى اتجاه (X) وإلى الاتجاه (Y) فتعطي وصفاً تاماً لمساحة مقدارها (ΔX× ΔY).

من وجهة نظر عملية هناك طريقتان للتصوير السطحي باستخدام هذا المجهر، هما:

● طريقة الارتفاع الثابت

يتم من خلال طريقة الارتفاع الثابت (Constant Height Mode) تمرير الإبرة على السطح عند جهد معين (U) لمسارات متوازية بارتفاع (H) ثابت، الشكل (٤-أ)، و من ثم يُقاس التيار المار كدالة من المكان. تتغير المسافة الفاصلة (Z) نتيجة لتغير تضاريس السطح (Surface Morphology) من ارتفاعات وانخفاضات معطية قيم مختلفة للتيار كما توضح المعادلة (١). وبالتالي يمكن معرفة شكل السطح برسم التيار كدالة من المكان(X,Y)، أو برسم (Z)، عن طريق المعادلة (١)، كدالة من المكان مما يعطي صورة واضحة للتركيب السطحي.

يجب أن لا يكون هناك خلط بين الارتفاع (H) والمسافة الفاصلة (Z) ، حيث تعبر (Z) عن المسافة بين ذرة رأس الإبرة والذرة التي تقابلها على السطح، بينما تعبر (H) عن المسافة الرأسية الأولية قبل المسح ولا تتأثر بمكان الإبرة.

● شكل(٤)طريقة الارتفاع الثابت والتيار الثابت للمجهر النفقي الماسح

● طريقة التيار الثابت

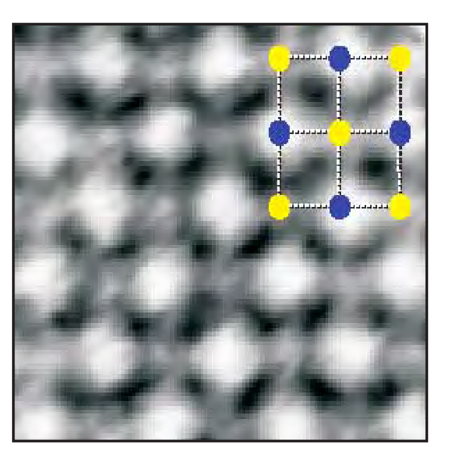
تتمثل طريقة التيار الثابت (Constant Current Mode) بتمرير الإبرة على السطح عند جهد معين في مسارات متوازية مع إبقاء التيار (i) عند قيمة ثابتة. يتم تثبيت التيار عن طريق التحكم بارتفاع الإبرة (H) بواسطة مواد حديدوكهربائية، حيث يسلط عليها جهد كهربي فتتمدد أو تتقلص محدثة تغير في الارتفاع لإبقاء التيار ثابتا. يتم التحكم بهذا الجهد عن طريق دائرة تغذية خلفية (Feedback Circuit)، وهنا يرسم الجهد المتحكم بالارتفاع كدالة من المكان مما يعطي صورة للسطح، الشكل (٤-ب). كذلك من المكن رسم التغير في الارتفاع (ΔH) كدالة من المكان بمعرفة خواص التمدد للمادة االحديدوكهربائية أو عن طريق معايرة (Calibration) النتائج مع نتائج أخرى معروفة. في كلا الحالتين فان النتيجة النهائية متكافئة – عبارة عن صورة ثلاثية الأبعاد للسطح- ولكن قد تتفوق طريقة على أخرى طبقا لأمور تفصيلية.

استخدامات المجهر النفقي الماسح

يعتمد عمل المجهر النفقي الماسح اعتمادا كليا على انتقال الإلكترونات نفقيا بين الإبرة الماسحة وسطح العينة، لذلك لا تتم دراسة أي سطح إلا إذا كان موصلا أو شبه موصل. و نظراً لكثرة استخدامات هذا المجهر فإنه سيتم التطرق إلى أهم ثلاث خصائص يمكن تحديدها بواسطته:

● التركيب البلوري السطحي للمادة

يستخدم المجهر الالكتروني الماسح لعمل صورة ثلاثية الأبعاد للسطوح، حيث يمكن عن طريق معرفة عرض وطول الصورة المأخوذة للسطح تحديد الأبعاد بين أي تركيبين معينين على السطح شاملا

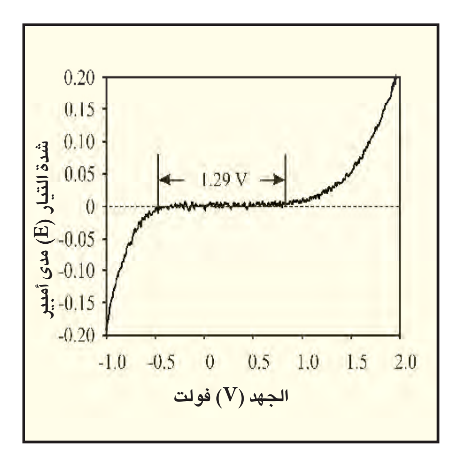


● شكل (٥) صورة لذرات السكانديوم والنيتروجين على سطح مادة NcS ذات التركيب البلوري المكعب.

الأبعاد بين الذرات على نفس المستوى أو في مستويين أفقيين مختلفين معطيا وصفا كيفياً وكمياً للتركيب البلوري بشكل مباشر، الشكل (٥)، ولكن في بعض الأحيان يكون هناك تغير في ترتيب الذرات على السطح بسبب عدم وجود ذرات تعلوها، وفي هذه الحالة لا يمكن تحديد هذا التغير في التركيب البلوري السطحي (Surface Reconstruction) بشكل عملي محدد وواضح إلا عن طريق المجهر الماسح النفقي وبعض المجاهر الماسحة الأخرى. مثل مجهر القوى الذرية (Atomic Force Microscope – AFM) لعمل نفس المهمة في إعطاء وصف لهذا التركيب السطحي.

● التركيب الالكتروني السطحي للمادة

يستطيع المجهر النفقي الماسح إعطاء معلومات مهمة عن التركيب الإلكتروني للسطح، وذلك عن طريق تثبيت الإبرة الماسحة على مسافة ثابتة من السطح وقياس التيار النفقي (i) المار كدالة من الجهد المسلط عليها (U). فإذا كان السطح موصلا فان مقدار التيار لا يساوي صفر إلا عندما يكون الجهد مساويا للصفر. أما بالنسبة للسطوح شبه الموصلة فان التيار يساوي الصفر في منطقة عرضها(ΔU)، حيث أن عرض



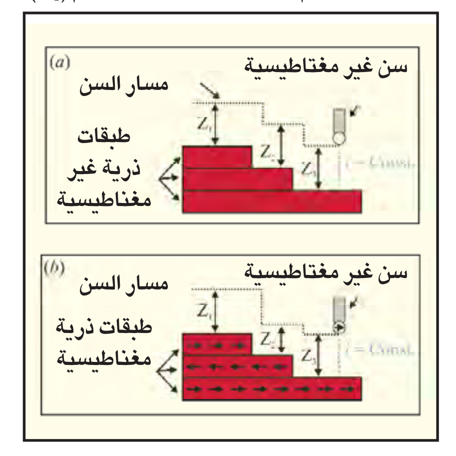
● شكل (٦) التيار النفقي كدالة من الجهد المسلط لسطح NaG الشبه موصل.

هذه المنطقة يساوي طاقة الفجوة السطحية (Surface Band Gap) بوحدة الإلكترون فولت (electron Volt– eV)، أنظر الشكل (٦).

● التركيب المغناطيسي للسطوح

يتم تحديد مغناطيسية السطوح أو الذرات بواسطة المجهر النفقي الماسح بعدة طرق، لكن يمكن التطرق لطريقة واحدة تعد هي الأساس لهذا النوع من القياس، والتي فيها تتحرك الإبرة الماسحة على السطوح، ويمكن تقسيمها إلى ما يلي:

* **سطوح غير مغناطيسية**، وفيها يتم تحريك الإبرة الماسحة على السطوح غير المغناطيسية كما في الشكل (٧–أ) بمسافات رأسية ذات قيم ثابتة، حيث نجد أن القيم (Z_1)



● شكل (٧) تغير الارتفاع المقاس بالمجهر النفقي بسبب مغناطيسية الإبرة الماسحة والسطوح

و(Z_2) و (Z_3) متساوية، نظراً لأن ارتفاعات طبقات الذرات (Atomic Layers) متشابهة.

* **سطوح مغناطيسية متعاكسة مع وجود مادة ممغنطة على الإبرة**، وفي هذه الحالة تكون المسافات (Z_1) و (Z_2) مختلفة، مع بقاء المسافات الرأسية التركيبية بين السطوح ثابتة، نظرًا لاحتمالية تغير مرور التيار النفقي تبعاً لاتجاه المغنطة للإبرة الماسحة وذرات السطح. ويعود ذلك إلى قلة مرور التيار النفقي عندما تكون مغناطيسية الإبرة الماسحة معاكسة لمغناطيسية الذرات المقابلة، ممـا يؤدي إلى اقتـراب الإبرة من السطح لإبقاء مقدار التيار ثابتا. ولذا يمكن من خلال هذا الفرق في المسافات المعطاة من قبل المجهر تحديد التركيب المغناطيسي للسطوح بشكل نانومتري.

المصادر:

Roland Wiesendanger, Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy Methods and Applications, (Cambridge University Press, Cambridge, 1998).

– **Hamad A. Al–Brithen, Arthur R. Smith, and Daniel Gall**, Surface and Bulk Electronic Structure of ScN(001) Investigated by Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Optical Absorption Spectroscopy, Physical Review B 70(4), 045303 (2004).

2– **Hamad AL–Brithen, Muhammed Haider, Rong Yang, Costel Constantin, Erdong Lu, Nancy Sandler, Arthur Smith, and Pablo Ordejon**, Scanning Tunneling Microscopy and Surface Simulation of Zinc–Blende GaN(001) Intrinsic 4x Reconstruction: Linear Gallium Tetramers؟, Physical Review Letters 95, 146102 (2005).

– **Arthur R. Smith**, Atomic–Scale Spin–polarized Scanning Tunneling Microscopy and Atomic Force Microscopy: A Review, Journal of Scanning Probe Microscopy, 1, 3–20 (2006).



دراسة الخصائص الحرارية لمادة فلوريدا الكالسيوم المشابة عند تعريضها للأشعة فوق البنفسجية ذات الأطوال الموجية ٣٦٥، ٣٠٢، ٢٥٤ نانومتر

تقع الأشعة فوق البنفسجية (Ulfra violet radiation-uv) ضمن الطيف الكهرومغناطيسي، وهي عالية الطاقة مقارنة بالأشعة تحت الحمراء بسبب قصرموجاتها التي تتراوح ما بين ٤٠٠ إلى ٢٠٠ نانومتر. تنقسم الأشعة فوق البنفسجية إلى ثلاثة مستويات هي:- UVA للطول الموجي (٣٢٠-٤٠٠نانومتر)، UVB للطول الموجي (٢٨٠-٣٢٠نانومتر)، وUVC للطول الموجي (٢٠٠-٢٨٠نانومتر).

تعد أشعة الشمس أهم مصادر الأشعة فوق البنفسجية ولكن تأتي المصادر الصناعية ـ ناجمة عن صناعة مستحضرات التجميل والعلاج الإشعاعي وصناعة اللحام الكهربائي وأشعة الزينون ـ كمصادر أقل أهمية.

يتم التعرض للأشعة فوق البنفسجية بجميع اطوالها الموجية بواسطة المصادر الصناعية، بينما يتم التعرض بواسطة أشعة الشمس في الأطوال أقل من ٢٩٠نانومتر بسبب وجود طبقة الأزون التي تحجب معظم الأطوال من ٢٩٠ إلى ٤٠٠ نانومتر.

يكتسب قياس الأشعة فوق البنفسجية أهمية بيئية في المقام الأول للأسباب التالية :-

١ ـ ضرورة معرفة التغيرات في مستوى الأشعة التي تصل إلى سطح الأرض.

٢ ـ توعية المواطن بهذا النوع من الأشعة لتجنب آثارها الضارة.

٣ ـ دراسة الآثار الأحيائية لتلك الأشعة.

٤ ـ دراسة أثر تلك الأشعة على الطقس.

تقع المملكة العربية السعودية ضمن المناطق التي تسقط عليها أشعة الشمس أغلب أيام السنة، ولذلك فإن نصيبهامن الأشعة فوق البنفسجيةيعد عظيماً، علية فإن معرفة كمية هذه الأشعة وتغيرها خلال السنة بالمملكة يكتسب أهمية بيئية وصحية كبرى، لذلك قامت **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** بدعم المشروع م ص ـ ٦ ـ ١٤ بالعنوان المذكور.

أجرى البحث بجامعة أم القرى خلال عام٢٠٠٣م الموافق ١٤٢٣هـ، وكان الباحث الرئيس **د. فائز بن حمود الغريبي** وعضوية كلاً من **د. سمير بن سليمان أحمد نتو** و **د. سعود بن حميدا أحمد اللحياني.**

● خطوات البحث

١ ـ تمت دراسة الخصائص الضوء حرارية لمادة كلوريدالكالسيوم ـ بعد إشابتها (Doping)إما بالديسيروزيوم، المنجنيز، الثليوم ـ عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية في الأطوال ٢٥٤، ٣٠٢، ٣٠٦ نانومتر ـ وذلك بهدف اختيار أنسب هذه المواد المشابة لقياس الأشعة فوق البنفسجية.

٢ ـ اتضح من الخطوة السابقة أن كلاً من كلوريد الكالسيوم المشابة بالديسبروزيوم والمشابة بالمنجنيز لا تصلحان لقياس الأشعة فوق البنفسجية لانهما لم يظهرا أي حساسية لها. وعليه تم اجراء التجارب على كلوريد الكالسيوم المشابة بالثليوم لاستخدامها لقياس كمية الأشعة فوق البنفسجية الناجمة عن اشعة الشمس.

كان الغرض من تلك التجارب مايلي:-

١ ـ دراسة تأثير الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية على مدى استجابة مادة كلوريد الكالسيوم المشابة.

٢ ـ تأثير الجرعة الإشعاعية فوق البنفسجية على شدة الإضاءة الحرارية.

٣ ـ تأثير الزمن على تلاشي الإضاءة الحرارية الموجودة في المادة المشابة.

● نتائج البحث

أظهرت النتائج النهائية الخاصة بتعريض مادة كلوريد الكالسيوم المشابه بالثليوم للأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس ـ خلال الفترة من يونيو إلى أغسطس ٢٠٠٣ الموافق ربيع آخر إلى جمادى الآخرة ١٤٢٤هـ من الساعة الواحدة ظهراً إلى الثانية بعد الظهر ـ ملائمة تلك المادة لقياس كمية الأشعة فوق البنفسجية الشمسية.



من أجل فلذات أكبادنا

تردد التيار الكهربائي

من المعلوم أن الكهرباء تنقسم إلى نوعين، هما: الكهرباء الساكنة (Static Electricty) والكهرباء المتحركة (Dynamic Electricty) كما تنقسم الكهرباء المتحركة بدورها إلى قسمين، هما: التيار المستمر (Direct Current)، والتيار المتردد (Alternate Electric).

يطلق على التيار المتردد هذا الاسم لأنه يغير اتجاهه من السالب إلى الموجب وبالعكس، بمعدل ٥٠ أو ٦٠ دورة/ثانية (Cycle) هذا التردد لا يمكن رؤيته بالعين مباشرة عند إشعال المصباح الكهربائي.

يسعدنا في هذا العدد أن نقدم لفلذات أكبادنا تجربة مبسطة تمكنهم من رؤية تردد التيار الكهربائي.

• الأدوات

قضيب شفاف من الزجاج أو البلاستيك، ومصباح فلورسنت.

• خطوات العمل

١- امسك قضيب الزجاج بإحدى يديك، شكل (١).

٢- قم بإضاءة مصباح الفلورسنت، شكل (٢).

٣- حرك القضيب الزجاجي بالقرب من مصباح الفلورسنت المضاء على شكل مروحة، ماذا تشاهد؟

• المشاهدة

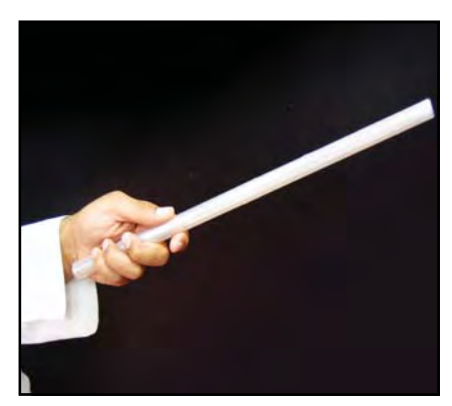
نشاهد تشكل مروحة ضوئية من خطوط بيضاء مضاءة تتخللها خطوط سوداء، شكل (٣).

• التعليل

ينقطع التيار الكهربائي عن مصباح الفلورسنت بمعدل ٥٠ أو ٦٠ مرة في الثانية، مما لا يمكن مشاهدته بالعين المجردة بالنظر مباشرة إلى المصباح المضاء، ولكن هذا التقطع يظهر بوضوح في حركة القضيب الشفاف بالقرب منه.

المصدر:-

طرائف وعجائب العلوم، منى عصام، مكتبة ابن سينا للنشر والتوزيع.



شكل (١)



شكل (٢)



شكل (٣)

سطح نانوي لا يعكس الضوء

نجح الباحثون في إيجاد سطح شفاف لا يعكس الضوء عن طريق تغطية ذلك السطح بشعيرات دقيقة يصل سمكها بضع نانو مترات.

تعمل الأسطح النانوية عند تغطيتها للعدسات مثلاً على رفع كفاءتها في امتصاص الضوء مما يزيد من شفافيتها، كما أنها تجعل خلايا السليكون تمتص كل الأشعة الشمسية تقريباً.

ويذكر **فرد سكوبرت (Fred Schubert)** من معهد رينسلر التقني في نيويورك أن الغطاء النانوي يخلق نوعاً جديداً من المواد التي تحسن من امتصاص الضوء عن طريق تخفيض نسبة الانعكاس بشكل كبير، مما يجعل الضوء الساقط يخترق الأسطح المعاملة به وكأنه يخترق الهواء.

يتعرض الضوء للانحراف – الانكسار – عندما يخترق مادة لها معامل انكسار (Refractive index) مختلف عن معامل انكسار المادة التي صدر منها، فمثلاً عندما تسير حزمة ضوئية من الهواء – معامل انكساره =١– وتسقط على سطح زجاجي – معامل انكساره = ١,٤ – فإن جزءاً منها سوف يُفقد لينعكس – يرتد – إلى الخارج بسبب الاختلاف في معامل الانكسار بين الهواء والزجاج، وعليه فإن درجة الفقد في الحزمة الضوئية تزيد بزيادة الفرق بين معاملي الانكسار للهواء والمادة التي تخترقها هذه الحزمة.

قام **سكوبرت** ومجموعته بعدة تجارب للحد من انكسار الضوء؛ في سبيل الوصول إلى مادة يكون معامل انكسارها قريب من معامل انكسار الهواء؛ وذلك بوضع قطعة من نتريد الألمنيوم (Aluminium Nitride) تحت التفريغ (Vacuum)، وتغطية سطحها بخمس طبقات نانوية مصنوعة من ثاني أكسيد السيليكون (Silicon Dioxide) أو ثاني أكسيد التيتانيوم (Titanium dioxide)، حيث وضعت كل طبقة – سمكها ٢ إلى ٣ نانو متر – بزاوية ٤٥ْ ليصل سمك الطبقات الخمس إلى ٧٠٠نانو متر.

عمل الفريق على تغيير المسافة بين كل طبقة والتي تليها بحيث يكون لكل طبقة معامل انكسار مختلف.

صنعت الطبقة الاولى بحيث يكون معامل انكسارها مقارباً لمعامل انكسار الهواء، أما الطبقات الأخرى فقد تم زيادة معامل انكسارها تدريجياً حتى وصل إلى (٢,١٥) في الطبقة الخامسة.

عملت منظومة التغيير التدريجي لمعامل الانكسار – بدلاً من التغيير الفجائي – على الحد من انكسار الضوء بدرجة كبيرة بالطريقة المذكورة ليصل معامل الانكسار في المرحلة النهائية إلى(١,٠٥)، بينما يبلغ معامل انكسار الهواء (١,٠٠).

تعمل التقنية الجديدة في حدود طيف الضوء المرئي، أي أنها تغطي الطول الموجي بين الاشعة القريبة من فوق البنفسجية، والأشعة القريبة من تحت الحمراء، ويلاحظ **سكوبرت** أن لون الطبقة يميل إلى الأزرق الباهت؛ لأن سمكها يتساوى إلى حد كبير مع الطول الموجي للأشعة الزرقاء من الضوء، وعليه فإن **سكوبرت** ومجموعته ستعمل على جعل الطبقة أقل سمكاً للتغلب على هذه المشكلة.

المصدر:–

http://www.sciencenews.org/articles/20070303/fob3. asp

ملبوسات من الألياف النانوية

قام مصممو الأزياء بالتعاون مع علماء الألياف في كورنيل بتصنيع ملبوسات تمنع مرتديها من التعرض لنزلات البرد ولا تحتاج إلى غسيل، بالإضافة لألبسة أخرى تقضي على الأبخرة السامه لتحمي أصحابها من مخاطر الغازات المنبعثة نتيجة حرق الوقود الأحفوري.

قام بالعمل المذكور كل من **أوليفيا أونق(Olivia Ong)** من كلية التبيوء الانساني (Human Ecology) التابعة لقسم علوم الألياف، وأستاذ علوم الألياف **جوان هنستروزا (Juan Hinestroza)** وآخرين.

وتذكر **هنستروزا** أن هذه هي المرة الأولى التي تدخل فيها تقنية النانو علم الأزياء، ولكن قد تعترضها عقبة في الوقت الحاضر هي: التكلفة العالية للصناعة، حيث تكلف الياردة المربعة من قماش القطن المعالج بالجسيمات النانوية حوالي ١٠آلاف دولار.

وتذكر **أونق** أن الجزء الأعلى من الفستان يحتوي على ألياف قطنية مغطاة بجسيمات نانوية من الفضة، حيث تم أولاً إكساب الألياف القطنية شحنة كهربائية موجبة بواسطة التفاعل الأيوني الموجب. أما جسيمات الفضة – بحجم ١٠–٢٠ نانومتر – فقد تم تصنيعها في وجود حمض الليمون (Citric Acid) لمنع تلبكها.

ينجم عن غمس ألياف القطن ذات الشحنة الموجبة في محلول جسيمات الفضة ذات الشحنة السالبة التصاق الجسيمات النانوية بألياف القطن. وبما أن فلز الفضة مضاد للبكتيريا؛ فإن ذلك يكسب الفستان ميزة في أنه لا تصدر عنه رائحة المواد البكتيرية والجرثومية الصادرة من العرق وغيره، فضلاً عن ذلك: فإن جسيمات الفضة النانوية تكسب الفستان مقاومة للاتساخ والبقع.

من جانب آخر تم غمس غطاء الجاكيت والأكمام والجيوب – كلها مصنوعة من القطن وموجبة الشحنة – في جسيمات نانوية من البلاديوم بطول ٥–١٠ نانومتر وذات شحنة سالبة، وبذلك أصبح الجاكيت مقاوم للأبخرة السامة؛ لأن البلاديوم يمتلك خاصية أكسدة تلك الأبخرة، مما يزيد من أهمية هذا الجاكيت للذين لديهم حساسية للغازات السامة الصادرة من المركبات وغيرها، خاصة في المدن الصناعية الكبرى.

المصدر:–

http:/www.sciencedaily. com/releases/2007/05/070506091754.htm

الرياضة في الصغر تفيد للكبر

أفادت دراسة أن الأشخاص الذين يزاولون رياضة الجري العنيفة غير معرضين للسمنة ؛ مقارنة بالذين يمارسونها ولكن بشكل متوسط .

قام بالدراسة المذكورة **بول وليامز (Paul williams)** ومجموعته في مختبر بيركلي القومي التابع لوكالة الطاقة الأمريكية ، حيث أوضحت دراسة حالة ٦١١٩ رجلاً و ٢٢٢١ إمرأة يمارسون رياضة الجري بشكل مستمر لسبع سنوات ، أن الذين يمارسونها بمعدل ٥٤ كم في الأسبوع أو أكثر زاد وزنهم بمعدل النصف مقارنة بالذين يمارسونها بمعدل ٢٧ كم في الأسبوع.

ويعلق **وليامز** أن هذه الدراسة تعد الأولى من نوعها ؛ لأن الدراسات السابقة كانت تتعلق بمتابعة النشاط الرياضي مع تقدم العمر ، ولم تأخذ في الحسبان أن أغلب الأشخاص قد يغيرون أسلوب رياضتهم بشكل كبير.

كانت الدراسة المذكورة ضمن دراسة قام بها **وليامز** لمدة ٢٠ سنة ، وشملت أكثر من ١٢٠ ألف من الذين يمارسون رياضة الجري، حيث اختار **وليامز** عينة من الرجال في سن ٢٥ إلى ٣٤ سنة ، ودرس حالتهم لمدة سبع سنين . كانت النتيجة : أن الرجال الذين كانوا يمارسون رياضة الجري لأقل من ٢٧كم أسبوعيا زاد وزنهم: ٨٨٨جرام سنوياً، بينما زاد وزن الذين يمارسونها لمسافة ٢٧ إلى ٥٤ كم أسبوعياً: ٣٦٢ جرام سنوياً ، أما الذين يمارسونها لمسافة أكثر من ٥٤كم أسبوعياً ، فقد كان معدل زيادة وزنهم: ٢٧٠ جرام سنوياً.

أما بالنسبة للنساء فقد تراوحت أعمار عينة الدراسة بين ١٨ إلى ٢٥ سنة ، حيث أشارت الدراسة إلى أن اللاتي كن يمارسن الرياضة المذكورة لمسافة أقل من ٢٧ كم زاد معدل وزنهن: ٩٠٦ جرام سنوياً ، أما اللاتي يمارسنها لمسافة ٢٧ إلى ٥٤ كم أسبوعياً ؛ فقد زاد معدل وزنهن: ٦٣٥ جرام سنوياً ، بينما كان معدل زيادة وزن اللاتي يمارسنها أكثر من ٥٤ كم : ٢٤٠ جرام سنوياً.

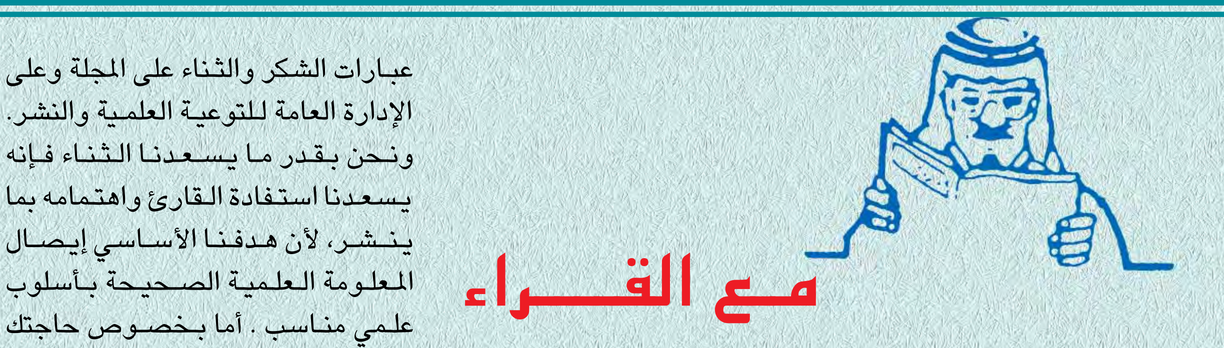
إضافة لذلك لوحظ أن هناك تحسناً مضطرداً لأجسام الذين يمارسون الرياضة المذكورة حيث اتضح أنه كلما زادت المسافة التي يجريها المتسابقون ؛ كلما قل محيط الخصر والأرداف .

ويذكر **وليامز** أنه على الرغم من أن الزيادة في الوزن مع تقدم العمر تتعلق بعوامل أخرى ، وتختلف من شخص لأخر إلا أن الأشخاص المحظوظين هم الذين لايتعرضون للسمنة مع تقدم العمر، حيث أن السمنة في السن المتقدمة لديها مخاطر صحية ؛ تتمثل في ارتفاع ضغط الدم ، وزيادة الكولسترول ، والسكري، وعليه : فإن تحاشي تلك المخاطر يمكن أن يتم بالمداومه على رياضة الجري . ويضيف **وليامز** أن الحل الأمثل للتغلب على مشكلة السمنة في الولايات المتحدة يتمثل في : المداومة على رياضة الجري منذ الصغر حتى تقدم العمر .

إضافة لذلك أشارت دراسة أخرى قام بها **وليامز** و **بول ثومبسون (Paul Thompson)** إلى أن الذين يزيدون من المسافة التي يقطعونها جرياً أسبوعياً الأقل زيادة في المعدل السنوي للوزن مقارنة بمن يمارسونها بمعدل منتظم ، أما الأشخاص الذين تركوا رياضة الجري التي كانوا يمارسونا في الصغر فقد تعرضوا للسمنة . ويعلق **وليامز** أنه يجب التفكير في رياضة الجري ، قبل التفكير في أنك بحاجة إليها .

المصدر:–

www.sciencedaily .com/releases/2007/05/060503132544.htm



مع القـــراء

قراءنا الأعزاء

إنه لمما يثلج الصدر ويدخل على النفس الفرح والسرور هذا الكم الهائل من رسائل القراء التي ترد إلى المجلة، والتي تشيد بمحتوى وأسلوب إخراجها. ولاشك أن هذا يدفعنا إلى بذل المزيد من الجهد للتطوير والتحسين، لأننا إذا أحسسنا بأننا وصلنا إلى القمة فهذا يعني بدء الانحدار ونسأل الله العلي القدير العون والسداد .

● **الإخوة الكرام/ قدري عبدالسلام وومنى عبدالعالي ـ الجزائر**

نشكركما على رسالتكما المطولة التي تحمل في ثناياها عبارات الإطراء والثناء على المجلة ، كما تحمل رغبتكم الجامحة في إدراج إسميكما ضمن قائمة من تصل إليهم المجلة والحصول على أي أعداد سابقة. نحن يسعدنا أن نضع أسمائكم في قائمة الانتظار ونأمل الا يطول ذلك، أما بخصوص الأعداد السابقة فسنحاول تزويدكم بها حسب المتاح.

● **الأخ الكريم / سامي محمد السلقي ـ الأردن**

يسعدنا استمرار وصول المجلة إليك، وهذا ما نهدف إليه، أما اشارتك بأن العدد الأخير لم يصلك فيؤسفنا ذلك، ونحن لا نعرف السبب، كما أنك لم تشر إلى رقم أو موضوع آخر عدد وصل إليك، ومع ذلك سنقوم بالرجوع لقائمة الإهداءات للتأكد من وجود اسمك وعنوانك، ومن ثم سنقوم بإرسال الأعداد الأخيرة إليك. أما بخصوص الإصدارات التي طلبتها فيؤسفنا عدم التمكن من إرسالها إليك لمحدودية الكميات المطبوعة منها وقد وزعت على جهات محددة (مدارس البنين والبنات المتوسطة والثانوية وبعض الجهات الحكومية).

● **الأخ الكريم / حبيب موسى ـ الجزائر**

نشكرك على تواصلك مع المجلة ورغبتك في الحصول عليها بصورة مستمرة، وتقديراً لظروفك الجغرافية التي أشرت إليها في رسالتك، وهي أنك في قرية نائية لا تصلها المجلات ولا الدوريات، فإنه سيتم إدراج إسمك في قائمة الإصدارات ونرجو أن تصلك المجلة قريباً.

● **الأخ الكريم/ عبدالله أحمد المنتشري ـ جيزان**

تلقينا رسالتك وسرنا ما ورد فيها من ثناء على المجلة والقائمين عليها. أما من حيث رغبتك في الحصول على كتاب مبادئ الليزرات وتطبيقاتها المشار إليه في باب كتب صدرت حديثاً بأحد أعداد المجلة السابقة فإنه يؤسفنا عدم تحقيق ذلك لأنه ليس من إصدارات المدينة، ومع ذلك يمكن الحصول عليه من الناشر المشار إليه بالمجلة، أو من المكتبات الرئيسية بالمملكة.

● **الأخ الكريم/ يونس دربش ـ الجزائر**

تلقينا رسالتك ونشكرك على ما جاء فيها من ثناء عاطر على المجلة والقائمين عليها، أما من حيث رغبتك الانضمام إلى قائمة الاهداءات فسيتم ذلك حسب الإمكانية ونأمل ألا يطول انتظارك.

● **الأخ الكريم / حامد محمد علي الجبيل الصناعية**

نشكرك على رسالتك التي حملت عبارات الشكر والثناء على المجلة وعلى الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر. ونحن بقدر ما يسعدنا الثناء فإنه يسعدنا استفادة القارئ واهتمامه بما ينشر، لأن هدفنا الأساسي إيصال المعلومة العلمية الصحيحة بأسلوب علمي مناسب . أما بخصوص حاجتك لبعض الأعداد فإنه يسعدنا تزويدك بها حسب المتوفر.

● **الأخ الكريم / معمري خميس ـ الجزائر**

نشكرك على رسالتك المحملة بعبارات الثناء على ما تحتويه المجلة من معلومات قيمة تفيد القارئ العربي، وهذا في الحقيقة هدفنا الأساس ، ونأمل أن يتم إدراج إسمك في القريب العاجل لتزويدك بالمجلة. لكي نروي عطشك لمثل هذه المجلات.

● **الأخ الكريم / عطفاوي عبدالرحيم ـ الجزائر**

نحن نقدر لك كل ماسطرته في رسالتك ونشكرك على ثنائك العاطر على المجلة، ولكن يؤسفنا جداً عدم تحقيق طلبك لأنه ليس من اختصاصنا.

● **الأخ الكريم / سامي علي حسن حسين ـ مصر**

أهلاً بك قارئ جديداً ويسعدنا ادراج اسمك في قائمة الإهداءات، أما من حيث المشاركة التي ارسلتها فيؤسفنا عدم إجازتها من قبل هيئة التحرير.

● **الأخ الكريم / حمد علي رباطة ـ الإمارات**

تلقينا رسالتك بكل سرور ويسعدنا ارسال ما يتوفر من الأعداد السابقة من المجلة، ونأمل ان تصلك قريباً، أما بخصوص استفسارك عن وجود الأعداد السابقة على قرص مضغوط فإنه يؤسفنا عدم توفرها ، ولكنها توجد بصيغة إلكترونية على موقع **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** بالإنترنت.

التقنية متناهية الصغر (تقنية النانو) Nanotechnology

تعريف التقنية

يمكن تعريف علم النانو بأنه القدرة على التعامل مع المواد بمقياس النانو (واحد بالمليار من المتر)، و من المتوقع أن يؤثر هذا العلم على كافة جوانب حياتنا اليومية. وتكمن روعته في إمكانية الحصول على مواد ذات خصائص جديدة عند التعامل معها بمقياس النانو مقارنة بخصائصها عند التعامل معها بالمقياس العادي.

وتعني النانو واحد بالمليار ويتضمن علم النانو القياسات من واحد نانومتر إلى ١٠٠نانومتر، ولاخذ تصور عن هذه القياسات فإن قطر شعر الإنسان يبلغ عشرة آلاف نانومتر، كما أن عرض خلية الدم الحمراء يبلغ سبعة آلاف نانومتر، ومتوسط حجم الذرة أقل من النانومتر.





الفرق بين علوم النانو وتقنيات النانو؟

تعني علوم النانو دراسة الظواهر ومعالجة المواد على مستوى الجزيئات والمركبات الميكرونية حيث أن خصائصها تختلف عما يعادلها من خصائص المواد الكبيرة. أما تقنيات النانو فتعني التصميم والتشخيص والإنتاج والتنفيذ للتصاميم والأجهزة والأنظمة عن طريق التحكم بالشكل والحجم على مستوى النانومتر.

بعض تطبيقات تقنية النانو : - اكتشاف الأمراض في مراحلها المبكرة. - تحسين أداء الحاسوب والأجهزة الإلكترونية. - تحلية وتنقية المياه. - أنظمة التوصيل والمجسات. - تحسين أداء خلايا الوقود والبطاريات - تطوير المحفزات الكيميائية .

تاريخ التقنية



عام ١٩٥٩م - ١٣٧٩هـ قدم العالم الفيزيائي Richard Feynman كلمة عنوانها " هناك مجال وافر في الأسفل " وختم قائلا إن مبادئ الفيزياء لا تعارض قدرة التحكم على الأشياء جزيء جزيء

عام ١٩٦٩م - ١٣٨٩هـ عمل العالم الياباني Leo Esaki على أشباه الموصلات الصناعية مثل الشبكيات البلورية الفائقة وابتدأ طريقة من أعلى إلى أسفل (Top down) للتقنية متناهية الصغر

عام ١٩٧٢م - ١٣٩٢هـ ابتكار المجهر البصري الماسح ذو المجال القريب (Near-Field Scanning Optical Microscope NSOM)

عام ١٩٧٤م - ١٣٩٤هـ استعمل العالم الياباني Norio Taniguchi كلمة (Nanotechnology) في احد أوراقه موضحا بأن التقنية متناهية الصغر تشمل معالجة الانفصال بشكل رئيسي ، تعزيز وتشويه المواد بواسطة ذرة واحدة أو جزيء واحد

عام ١٩٧٥م - ١٣٩٥هـ اعتبار مقترح النقاط الكمية (Quantum Dots)

عام ١٩٨١م - ١٤٠٢هـ اخترع العالمان Heinrich Rohrer & Gerd Binning جهاز (Scanning Tunneling Microscope- S T M)

عام ١٩٨٥م - ١٤٠٦هـ اكتشاف (Buckyball) من قبل العلماء Richard Smally و Harold Kroto و Robert Curl



عام ١٩٨٦م - ١٤٠٢هـ اقترح العالم Erick Drexler تقنية من تحت إلى فوق (Bottom-up) بنشر كتابه محركات الصنع (Engines of Creation)



عام ١٩٨٦م - ١٤٠٢هـ اختراع مجهر القوة الذرية (Atomic Force Microscope)

عام ١٩٨٩م - ١٤١٠هـ نجح بحث IBM في تحريك الذرات باستعمال جهاز (S T M) وتم كتابة شعار IBM باستخدام ٣٥ ذرة .



عام ١٩٩١م - ١٤١٢هـ اكتشاف أنابيب الكربون النانوية بواسطة العالم Sumio Lijima .



عام ٢٠٠٠م - ١٤٢١هـ أطلقت الولايات المتحدة مبادرة التقنية متناهية الصغر الوطنية .



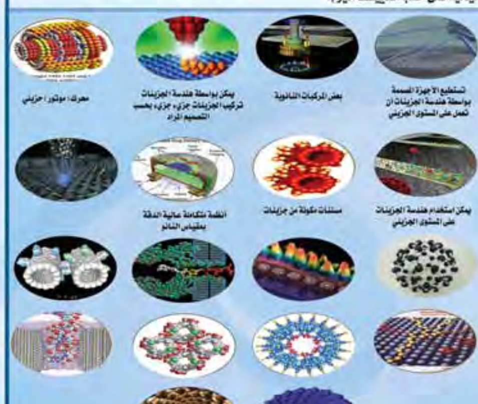
عام ٢٠٠٢م - ١٤٢٣هـ أنشأت اليابان شبكة من معامل الأبحاث في مجال النانو .

لعله من المدهش أن تكون صناعة السيوف الدمشقية - ظهرت قبل أكثر من عشرة قرون واستخدمت خاصة في الحروب الصليبية - أول تطبيق لتقنية النانو . فقد بهرت هذه السيوف العلماء الروس بمتانتها ومرونتها الفائقة فاخذوا يبحثون في سر ذلك منذ أمد بعيد حتى أعلن عالم روسي عام ١٨٣٧م أنه اكتشف بعض أسرار هذه الصناعة وتوالت الأبحاث الروسية ولكنها لم تستطع فك شفرة السيوف الدمشقية بشكل كامل .

أخيراً نجح عالمان أمريكيان أحدهما من جامعة ستانفورد بكاليفورنيا والآخر من شركة لوكهيد للصناعات الحربية أن ما كان يصنعه الحداد الدمشقي بآلات بدائية ما كان إلا تطبيق لتقنية النانو ، حيث أن الكربون الذي تم إضافته للحديد مع مواد أخرى ما هو إلا أنابيب الكربون النانوية ، التي تم اكتشافها عام ١٩٩١م . كذلك اكتشف علماء ألمان عند تحليلهم لأحد شفرات السيوف الدمشقية وجود آثار لأنابيب متناهية الصغر ، مما يؤكد ما اكتشفه العلماء الأمريكيون .

هندسة الجزيئات

تعد فكرة هندسة الجزيئات بدايات تقنية النانو وهي الدافع الأول لوجود مثل هذه التقنية . وتُعنى هذه التقنية بتصنيع المواد إبتداءً بالجزيئات ومن ثم تركيبها تلقائياً حتى الوصول إلى المنتج النهائي وفق المقاييس المطلوبة. وفي النهاية يتم الحصول على منتجات فائقة الجودة وذات مواصفات ومقاييس تعد خيالية على حسب مقاييسنا اليوم.



أنابيب الكربون النانوية

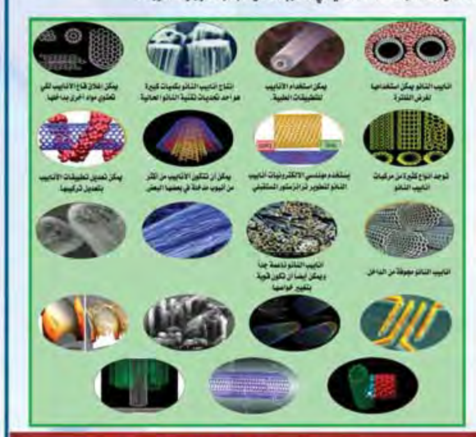
أنابيب الكربون النانوية هي أنابيب تتكون من ذرات الكربون الخالص ، وتكون هذه الأنابيب طويلة ولها شكل الأنبوب حيث يتراوح سمكها ما بين (١ إلى ٣) نانومتر بينما يصل طولها إلى الآلاف من النانومتر، وتعتبر أنابيب الكربون النانوية أقوى بمائة مرة من الفولاذ ولها سدس وزنه مما يعطيها ميزة مهمة. كما أنها موصل فعال للكهرباء والحرارة وبعضها الآخر شبه موصل ، اعتماداً على ترتيب ذرات الكربون مع بعضها البعض.

التحديات التي تواجه تطبيقات أنابيب الكربون النانوية

تعتمد التطبيقات الصناعية لأنابيب الكربون النانوية على مدى القدرة على إنتاج كميات ضخمة من النانو بتكلفة معقولة وأحجام منتظمة . كما أن الآثار السمية لهذه الأنابيب غير معروفة بعد مما يجعل الباحثين متخوفين بعض الشيء.

التطبيقات الصناعية لأنابيب الكربون النانوية

لأنابيب الكربون النانوية العديد من التطبيقات مثل تحسين أداء الحساسات الدقيقة ، الإلكترونيات ، الأجهزة البصرية، المحفزات ، البطاريات ، خلايا الوقود ، الخلايا الشمسية ، توصيل العقاقير في جسم الإنسان إلى المكان المطلوب . كما يمكن استخدامها في الصدريات الواقية من الرصاص . إضافة إلى كل هذه التطبيقات تعمل بعض الشركات على تطوير أنابيب النانو لجعل البلاستيك مقاوم للحرائق ، ويعمل باحثون آخرون من جامعة رايس الأمريكية على تطوير نوع جديد من الأسلاك مصنوعة من أنابيب النانو ذات قدرة على توصيل الكهرباء بشكل أفضل من أسلاك النحاس ، كما أنها مستخدمة حالياً في مضارب التنس لتجعلها أقوى وأخف وزناً .



النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة (Micro Electro Mechanical Systems – MEMs)

هي نظم أو تقنية يتم فيها تصنيع أجهزة إلكتروميكانيكية صغيرة على قاعدة من السليكون وتتراوح دقتها بين ١٠٠ميكرومتر إلى ١٠٠نانومتر ، وتستخدم فيها نفس الأدوات والطرق المتبعة في صناعة رقائق السليكون للحصول على آلات دقيقة جدا تتكون من تروس ، محركات ، دعامات .

بعض أنواع النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة :

١- مجسات دقيقة (Micro Sensors)، وهي بمثابة حواس النظام – تعمل كالعين والأذن وبقية الحواس الأخرى – حيث تقوم بجمع بيانات المحيط بمختلف أشكالها – سواء كانت ميكانيكية وحرارية وحيوية وكيميائية وضوئية ومغناطيسية – ثم ترسل إلى معالج إلكتروني للاستفادة منها ٢- مولدات القوى والعزوم الدقيقة (Micro Actuators) ، وتعمل كمشغلات للأجهزة الخارجية للنظام وفقا للأوامر الصادرة من المعالج الإلكتروني . ٣- هياكل دقيقة (Microstructures)، وهي مبينة على قاعدة السليكون نفسها ليتم استخدامها كصمامات أو مرشحات

التطبيقات : تستخدم أل MEMS – حاليا – في العديد من التطبيقات منها : ١- المجسات الحركية المستخدمة حالياً في أكياس الهواء الخاصة بالسيارات (air bags) . ٢- المجسات الكيميائية لاكتشاف الغازات . ٣- مجسات قياس ضغط الوقود أو ضغط الإطارات . ٤- قياس ضغط الدم . ٥- الاتصالات اللاسلكية بدمجها مع دوائر التردد الراديوي .



المجاهر الإلكترونية

أسهمت تقنية النانو إسهاماً فعالاً في تطور تقنية المجاهر الإلكترونية ، حيث أمكن رؤية مواد في حجم أقل من نانومتر (10^{-9} متر) وبذلك تمكن العلماء والباحثون من التعامل مع المادة على المستوى الجزيئي وتشكيل بناءها .

تستخدم أغلب المجاهر ذات الكفاءة العالية شعاع الإلكترون بديلاً عن أشعة الضوء الأبيض مما زاد من قوة التكبير من ١٥٠٠ ضعف في حالة المجاهر الضوئية إلى مليون ضعف في حالة المجاهر الإلكترونية ، بل ستفوق قوة التكبير المليون ضعف باستخدام تقنية النانو . ومن أهم المجاهر التي استفادت من تقنية النانو في الوقت الحالي ما يلي :

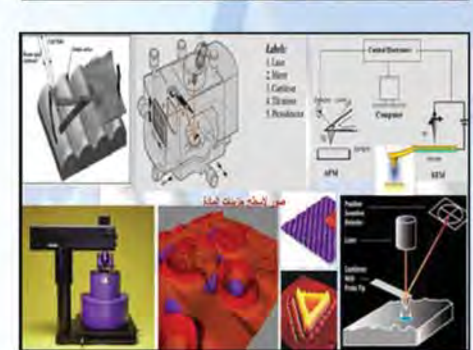
١-المجهر الماسح الإلكتروني مع الشعاع الأيوني المركز (SEM FIB) : يعد المجهر الإلكتروني الماسح من أفضل تقنيات المجاهر الالكترونية على الإطلاق ، حيث تظهر صورة للناظر بشكل جميل كأنها ثلاثية الأبعاد بسبب عمق مجال الرؤية .

يستخدم المجهر الالكتروني الماسح شعاع الالكترونات بدلاً عن الضوء الأبيض مما يمكن المستخدم من تمييز الأشياء التي يصل حجمها إلى ١,٢ نانومتر . يضاف لذلك فإن استخدام الشعاع الأيوني المركز تجعل من المكن نحت المواد وتشكيلها بمقاسات في مجال المايكرومتر والنانومتر . كما أن المجهر يمكنه استخدام الأشعة السينية (X-Ray) لتحليل تركيب المادة .

٢-المجهر المجسي الماسح (SPM) : يمكن بهذا المجهر تكوين صورة من سطح المادة عن طريق تمرير دعامة صغيرة فوق الجزيئات ومن ثم رصد هذه الجزيئات ورسمها إلكترونياً . تعتمد طريقة تمرير الدعامة فوق جزيئات المادة على القوة الفيزيائية التي يتم قياسها .

٣- المجهر الإلكتروني النفاذ (TEM) : يمتلك هذا المجهر أكبر قوة تكبير حيث يستطيع تكبير مواد في حجم يصل إلى ٠,١٩ نانومتر . يتطلب هذا المجهر تجهيز العينة التي يجب أن تكون صغيرة جداً حتى يتسنى للشعاع الإلكتروني المرور عبرها ليتم تكبيرها . يمكن أن يستخدم هذا المجهر الأشعة السينية (X-Ray) عند الحاجة إلى تحليل تركيب المادة .



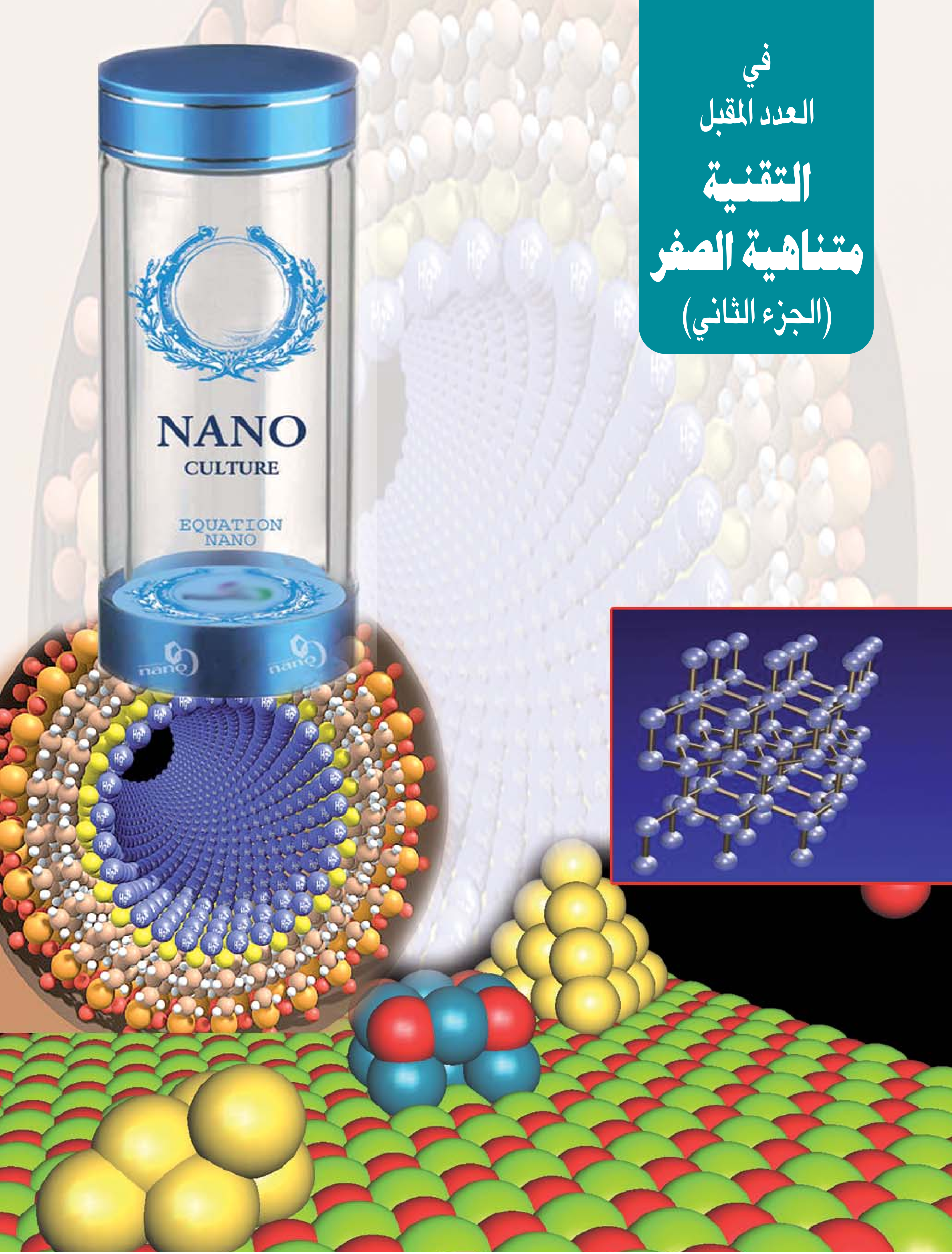


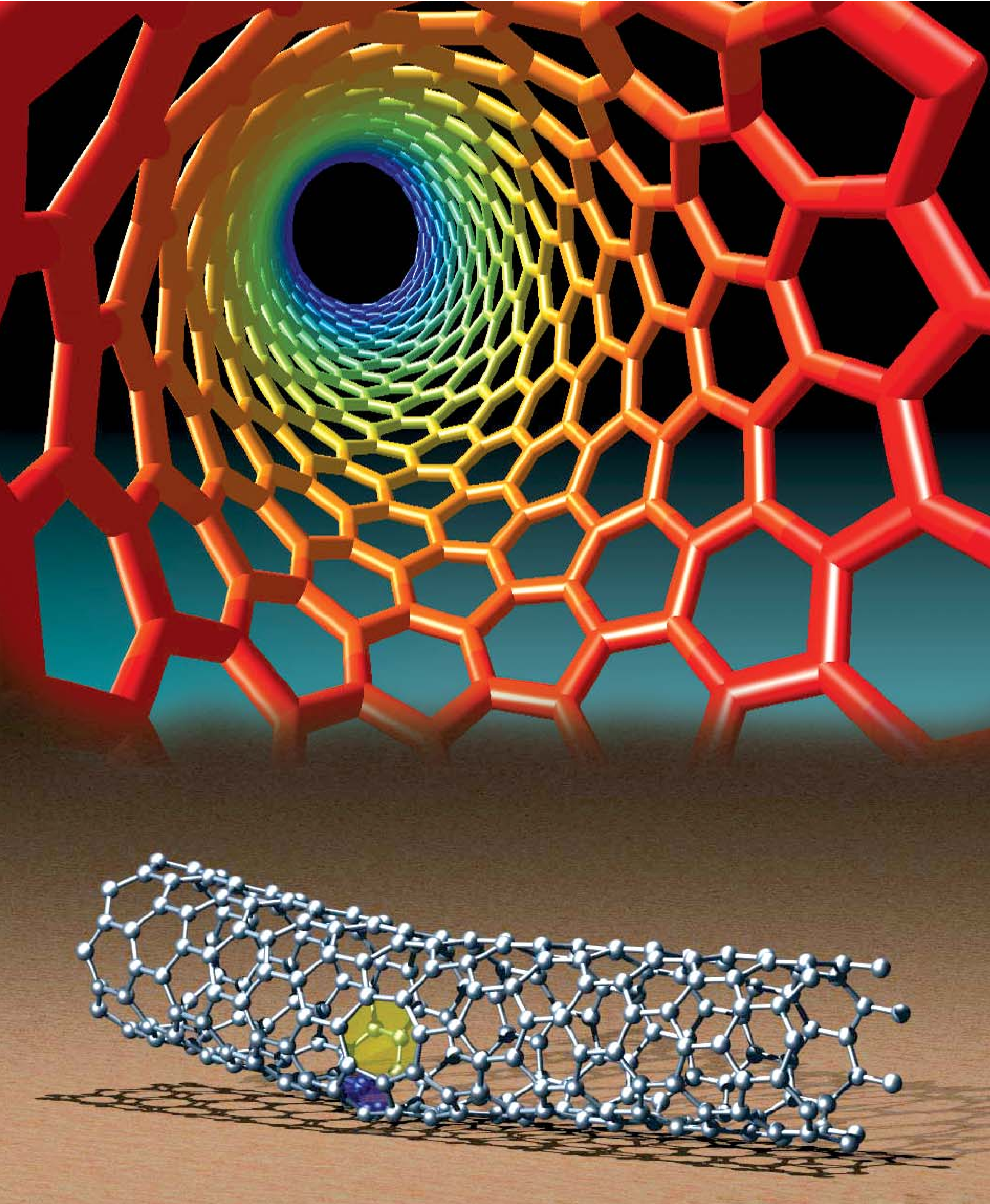






مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية


في
العدد المقبل
التقنية
متناهية الصغر
(الجزء الثاني)
NANO
CULTURE
EQUATION
NANO



أنابيب الكربون النانوية (ص ١٨)

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية